



TUGAS AKHIR - SB141510

**PENINGKATAN EFEKTIVITAS PENYERAPAN Pb
PADA PERAKARAN TANAMAN SENGON
(*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)
TERINFEKSI MIKORIZA**

**NURUL ALFIYAH
1511 100 072**

**Dosen Pembimbing:
Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015**



FINAL PROJECT - SB141510

THE INCREMENT OF LEAD ABSORPTION
EFEKTIVITY IN SENGON (*Paraserianthes*
falcataria (L.) Nielsen) THAT INFECTED BY
MYCORRHIZA

NURUL ALFIYAH
1511 100 072

Advisor Lecturer
Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech

BIOLOGY DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER OF INSTITUTE TECHNOLOGY
SURABAYA 2015

LEMBAR PENGESAHAN

PENINGKATAN EFEKTIVITAS PENYERAPAN Pb PADA PERAKARAN TANAMAN SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) TERINFEKSI MIKORIZA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Jurusan S1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

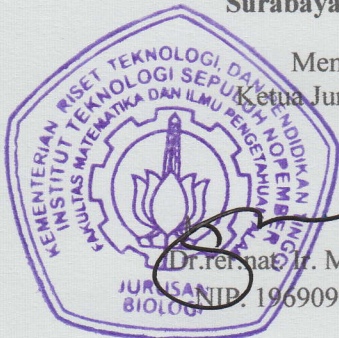
**NURUL ALFIYAH
NRP. 1511 100 072**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech... (Pembimbing)

Surabaya, 29 Juli 2015

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Ir. Maya Shovitri, M.Si
NIP. 19690907 199803 2 001

PENINGKATAN EFEKTIVITAS PENYERAPAN Pb PADA
PERAKARAN TANAMAN SENGON (*Paraserianthes*
falcataria (L.) Nielsen) TERINFEKSI MIKORIZA

Nama Mahasiswa : Nurul Alfiyah
NRP : 1511 100 072
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech

Abstrak.

Logam berat timbal (Pb) merupakan pencemar logam berat utama di semua lingkungan dan sumber utama pencemaran tanah karena cenderung terakumulasi dalam tanah. Timbal ketika mencemari tanah, akan bertahan lama dibandingkan dengan kebanyakan polutan lainnya karena mempunyai kelarutan yang rendah, akan tetapi timbal dapat diikat oleh agen pengkelat (glomalin) yang disekresikan oleh mikroorganisme yaitu fungi mikoriza sehingga dapat diserap oleh fungi dan tanaman. Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualismes antara fungi dengan perakaran tanaman. Oleh karena itu, salah satu pilihan untuk mengatasi pencemaran timbal yaitu dengan menggunakan tanaman sebagai agen remediasi (fitoremediasi) dan dipercepat dengan mikoriza Glomus sp. yang dapat membantu dalam penyerapan dan akumulasi Pb di akar tanaman sengon.

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akumulasi logam Pb pada perakaran tanaman sengon (*P. falcataria* (L.) Nielsen) yang terinfeksi mikoriza *Glomus sp.* serta pertumbuhan tanaman *P. falcataria* dalam media tercemar logam berat Pb. Penelitian ini menggunakan 5 perlakuan dosis mikoriza yaitu 0 gram mikoriza tanpa Pb (kontrol negatif), 0 gram mikoriza dengan Pb (kontrol positif), 25 gram mikoriza+Pb, 50 gram mikoriza+Pb, 75 gram mikoriza+Pb dan dilakukan dengan 4 ulangan pada masing-masing perlakuan. Masing-masing*

tanaman diberi penambahan $Pb(NO_3)_2$ dalam media tanam sebanyak 833 mg/kg. Parameter yang diamati yaitu tinggi tanaman, panjang akar, berat kering tanaman dan akumulasi Pb di akar tanaman sengon.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis 75 gram mikoriza Glomus sp. merupakan dosis yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sengon yang ditumbuhkan pada media tanam yang mengandung logam Pb pada parameter tinggi tanaman dengan nilai 77,5 cm, berat kering yaitu 17,86 gram dan panjang akar yaitu 31,5 cm. Penambahan dosis 25, 50, 75 gram Glomus sp. juga meningkatkan penyerapan serta akumulasi logam Pb pada akar tanaman sengon dengan nilai masing-masing yaitu 2,25 ppm, 3,49 ppm dan 3,60 ppm.

Kata kunci: Glomus sp., Logam Berat Pb, Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen.

THE INCREMENT OF LEAD ABSORPTION EFFECTIVITY IN
SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) THAT
INFECTED BY MYCORRHIZA

Student Name : Nurul Alfiah
NRP : 1511 100 072
Departement : Biologi
Supervisor : Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech

Abstract.

Heavy metal lead is one of the main pollutant in almost of environment and also well known as a main pollutant in soil, since its were excellently accumulated in soil. Lead in soil will remain in long time, since its have a low solubility and relatively free from microorganisms degradation. However of lead can be fastened by an glomalin that is secreted by microorganisms is mycorrhizal fungi so that can be absorbed by fungi and plant. Mycorrhizal is a symbiotic mutualismes of fungi with rooting plants. Hence, one option to overcome lead pollution that is by using plants as phytoremediation agent and accelerated by mycorrhizal *Glomus* sp. which can assist in the absorption and accumulation of Pb in roots of sengon.

The purposes to know the accumulated lead on plant rooting sengon (*P. falcataria* (L.) Nielsen) infected with *Glomus* sp. mycorrhiza and plant growth of (*P. falcataria* (L.) Nielsen) in heavy metal lead contaminated media. This research used five variations of the mycorrhizal doses with replications, i.e. 0 gram of mycorrhizae without Pb (negative control), 0 grams of mycorrhizae with Pb (positive control), 25 grams of mycorrhizae with Pb, 50 grams of mycorrhizae with Pb, 75 grams of mycorrhizae with Pb. Every plant which has been given a dose of mycorrhizae also given $Pb(NO_3)_2$ in the medium as much as 833 mg / kg. The observed parameters i.e. height plant, roots length, and plant dry weight.

The results showed that 75 gram dose of mycorrhizal *Glomus* sp. was the most effect on the growth of sengon plant with parameters of plant's height with a value of 77,5 cm, roots length of 31,5 cm and plant's dry weight of 17,86 grams. The addition 25, 50 and 75 Grams dose of mycorrhizal *Glomus* sp. also increased the absorption and accumulation of Pb in the roots sengon (*P. falcataria*), with the value of each 2,25 ppm, 3,49 ppm and 3,60 ppm.

Keywords: *Glomus* sp., Lead, *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “PENINGKATAN EFEKTIVITAS PENYERAPAN Pb PADA PERAKARAN TANAMAN SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) TERINFEKSI MIKORIZA”. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah saw, keluarga dan sahabatnya.

Dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech selaku dosen pembimbing, Dr. Enny Zulaikha, MP., dan Dr. Nurul Jadid, M.Sc. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan bantuannya, orang tua dan keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan bantuan baik moril maupun materiil, dan seluruh teman-teman serta semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penulis dan semoga laporan ini bermanfaat untuk pembaca maupun penulis sendiri.

Surabaya, 29 Juli 2015

Nurul Alfiah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Logam Berat	5
2.2 Logam Berat Pb (Timbal)	6
2.3 Fitoremediasi	8
2.4 Potensi Tumbuhan Hiperakumulator	9
2.5 Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen)	10
2.6 Cendawan Mikoriza Arbuskular	12
2.7 <i>Glomus</i> sp.	15
BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Metode yang Digunakan	17
3.2.1 Sterilisasi Media Tanam	17
3.2.2 Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah	17
3.2.3 Uji Viabilitas Mikoriza	17

3.2.4 Penyiapan Tanaman.....	18
3.2.5 Pembuatan Bioreaktor	18
3.2.6 Penyiraman dan Pemupukan.....	19
3.2.7 Pengamatan Tanaman.....	19
3.2.8 Penghitungan Infeksi Mikoriza <i>Glomus</i> sp.....	20
3.2.9 Analisis Hasil Uji Logam Pb.....	21
3.3 Rancangan Penelitian	21
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 uji Viabilitas Mikoriza.....	23
4.2 Persentase Infeksi Mikoriza <i>Glomus</i> sp. pada Tanaman sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen)	24
4.3 Pengaruh Pemberian Mikoriza <i>Glomus</i> sp. dan logam Pb pada Tanaman Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen)	28
4.3 Pengaruh Pemberian Mikoriza <i>Glomus</i> sp. Terhadap Akumulasi Pb pada Akar Tanaman Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen).....	37
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran.....	41
 DAFTAR PUSTAKA	 43
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Batas Kritis Logam Berat dalam Tanah, Air dan Tanaman.....	6
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian.....	21
Tabel 4.1 Persentase Uji Viabilitas Mikoriza <i>Glomus</i> sp. pada Tanaman Jagung dan Sengon setelah 1 Bulan Penanaman	24
Tabel 4.2 Rata-rata Persentase Infeksi Mikoriza <i>Glomus</i> sp. pada Tanaman Sengon (<i>P. falcata</i>) Terinfeksi Mikoriza.....	25
Tabel 4.3 Hasil Analisa Media Tanam Sebelum Diaplikasikan	27
Tabel 4.4 Pengaruh Pemberian Mikoriza <i>Glomus</i> sp. Terhadap Petumbuhan Sengon (<i>P. falcataria</i>).....	30
Tabel 4.5 Pengaruh Pemberian Mikoriza <i>Glomus</i> sp. Terhadap Akumulasi Pb di Akar Tanaman Sengon (<i>P. falcataria</i>) Umur 10 Minggu.....	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.3 a) Spora <i>Glomus</i> sp. b) Perkembangan Spora <i>Glomus</i> sp.	16
Gambar 4.1 Histogram Gambar Mikroskopis Mikoriza <i>Glomus</i> sp. (a) Struktur Mikoriza yang Menginfeksi Akar Tanaman (Brundrett <i>et al.</i> , 1996). (b) Vesikel (v) Spora (s) dan Hifa (h), Perbesaran 100x	27
Gambar 4.2 Tinggi Tanaman Sengon Usia 3 Bulan setelah Ditumbuhkan di Media Pb Selama 8 Minggu (a) Kontrol-Pb(NO ₃) ₂ (b) Kontrol + Pb(NO ₃) ₂ (c) 25 gr Mikoriza+ Pb(NO ₃) ₂ (d) 50 gr Mikoriza+ Pb(NO ₃) ₂ (e) 75 gr Mikoriza+ Pb(NO ₃) ₂	29
Gambar 4.3 Histogram Rata-rata Tinggi Tanaman Sengon.....	30
Gambar 4.4 Histogram Rata-rata Berat Kering Tanaman Sengon.....	31
Gambar 4.5 Histogram Rata-rata Panjang Akar Tanaman Sengon.....	31
Gambar 4.6 Histogram Rata-rata Akumulasi Pb pada Akar Sengon (<i>P. falcataria</i>)	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Skema Kerja.....	53
Lampiran 2 Surat Hasil Analisa Tanah.....	57
Lampiran 3 Surat Keterangan Mikoriza.....	59
Lampiran 4 Surat Keterangan Hasil Analisa Logam Pb.....	61
Lampiran 5 Hasil Analisa Uji Statistika Anova dan Uji Ducan	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya aktivitas di berbagai sektor pembangunan, terutama pada sektor industri, pertambangan dan pertanian mengakibatkan banyak pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan ini menjadi salah satu masalah yang sangat kritis bagi negara maju dan berkembang seperti Indonesia. Salah satu sumber pencemar yang lazim ditemukan, baik di lingkungan perairan dan tanah adalah logam berat. Logam berat khususnya pada tanah merupakan pencemar yang toksik karena bersifat tidak dapat terurai dan di dalam tanah sangat sulit terdegradasi. (Palar, 2004).

Salah satu jenis logam berat yang menyebabkan pencemaran pada tanah yaitu timbal (Pb). Cunningham & Berti (1993) menyatakan bahwa timbal termasuk pencemar utama di semua lingkungan dan sumber utama pencemaran tanah karena memiliki distribusi/penyebaran yang luas. Timbal ketika mencemari lingkungan tanah akan bertahan lama dibandingkan dengan kebanyakan polutan lainnya karena mempunyai kelarutan yang rendah dan relatif bebas dari degradasi mikroorganisme, sehingga cenderung terakumulasi dan tersedimentasi dalam tanah (Hayati, 2010).

Salah satu pilihan untuk mengatasi masalah pencemaran logam berat Pb dalam tanah adalah dengan proses fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan proses pembersihan polusi maupun kontaminan di lingkungan dengan menggunakan tanaman. Tanaman dapat membantu membersihkan berbagai jenis kontaminan termasuk logam, pestisida dan minyak (Etim, 2012). Akar tanaman yang berada di tanah dapat memainkan peran penting dalam meremoval logam melalui filtrasi, adsorpsi dan pertukaran ion, selain itu akar tanaman juga dapat menginduksi perubahan kimia di rizosfer (Nouri *et al.*, 2009)

Usaha bioremediasi tanah tercemar logam berat dapat dipercepat dengan tanaman bermikoriza, karena mikoriza menyediakan lingkungan yang optimal sehingga bibit tanaman dapat tumbuh dan memainkan perannya secara optimal (Widyati, 2008). Hal ini karena mikoriza meningkatkan hifa ekstensif dalam penyerapan unsur hara dan mampu mengekspresikan protein glomalin, metallothionin dan glutathionin dalam menanggapi stres logam sehingga dapat membantu mengimobilisasi logam berat di tanah sehingga logam berat tidak beracun bagi tanaman (Syeda & Ashfaq, 2013). Mikoriza juga mampu mempengaruhi penyerapan logam berat ke tanaman dengan meningkatkan bioavailabilitas dan menurunkan toksisitas logam berat di tanah dengan melepaskan asam organik seperti asam oksalat, sehingga Pb dapat diserap oleh miselium eksternal fungi mikoriza dan diikat dinding sel kemudian ditransportasikan ke tanaman inang (Sergio *et al.*, 2012)

Oleh karena itu dalam penelitian ini sangat penting untuk mengetahui potensi tanaman yang telah terinfeksi mikoriza arbuskular dalam melakukan penyerapan terhadap logam berat Pb. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) yang bersimbiosis dengan mikoriza arbuskular *Glomus* sp.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana pengaruh penambahan mikoriza *Glomus* sp. di media tanah yang tercemar logam Pb pada pertumbuhan sengon (tinggi tanaman, panjang akar, berat kering)?
- b. Bagaimana akumulasi logam Pb pada akar tanaman sengon bermikoriza yang ditumbuhkan pada media tanah yang tercemar logam berat Pb?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Mikoriza yang digunakan adalah *Glomus* sp. yang diperoleh dari Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya
- b. Tanaman yang digunakan adalah *P.falcataria* (L.) Nielsen yang diperoleh dari PT Tani Sejahtera Desa Tanjungkalang Nganjuk Jawa Timur
- c. Logam berat yang digunakan adalah Pb dalam bentuk $Pb(NO_3)_2$.
- d. Penelitian dilakukan secara *in vivo* di greenhouse

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui pengaruh penambahan mikoriza *Glomus* sp. di media tanah yang tercemar logam Pb pada pertumbuhan sengon (tinggi tanaman, panjang akar, berat kering)?
- b. Mengetahui akumulasi logam Pb pada akar tanaman sengon bermikoriza yang ditumbuhkan pada media tanah yang tercemar logam berat Pb?

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Memberikan informasi mengenai pertumbuhan tanaman sengon yang berasosiasi dengan mikoriza yang ditumbuhkan pada media tanah tercemar logam berat Pb.
- b. Memberikan informasi bahwa mikoriza dapat dimanfaatkan sebagai pelindung hayati bagi tanaman dan sebagai agen mikoremediasi.
- c. Memberikan informasi bahwa tanaman sengon dapat dijadikan agen revegetasi lahan yang tercemar logam berat khususnya logam berat Pb baik pada pertambangan dan industri.

“Halamam ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Unsur logam berat adalah unsur yang mempunyai densitas lebih dari 5 gr/cm^3 (Fardiaz, 1992), terletak disudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari periode 4 sampai 7 (Miettine, 1977). Hg mempunyai densitas $13,55 \text{ gr/cm}^3$. Diantara semua unsur logam berat, Hg menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya, dibandingkan dengan logam berat lainnya, kemudian diikuti oleh logam berat lainnya antara lain Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn (Fardiaz, 1992).

Logam berat sebagian besar merupakan zat pencemar yang berbahaya. Logam timbal (Pb), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) yang mempunyai afinitas tinggi terhadap unsur S menyebabkan logam ini dapat menyerang ikatan belerang dalam enzim, sehingga enzim menjadi tidak aktif. Gugus karboksilat ($-\text{COOH}$) dan amina ($-\text{NH}_2$) juga dapat bereaksi dengan logam berat. Kadmium, timbal dan merkuri terikat pada sel-sel membran yang menghambat proses transformasi melalui dinding sel tanaman (Manahan, 1977). Selain itu, Logam berat menjadi berbahaya karena tidak dapat didegradasi oleh tubuh, memiliki sifat toksisitas (racun) pada makhluk hidup walaupun pada konsentrasi yang rendah dan dapat terakumulasi dalam jangka waktu tertentu (Sutarnihardja, 2006).

Logam berat dibagi atas 2 jenis yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial yaitu logam berat yang dalam konsentrasi tertentu dibutuhkan oleh organisme untuk membantu kerja enzim, misalnya Zn, Cu, Fe, Co dan Mn sedangkan Logam berat Cd, Hg, dan Pb dinamakan sebagai logam berat non esensial yaitu logam beracun bagi makhluk hidup. Logam berat non esensial dapat merubah permeabilitas membran sel dan menghambat sintesis ATP dengan bereaksi dengan gugus fosfat. Hal ini menyebabkan metabolisme suatu organisme

menjadi terganggu (Alloway, 1995). Sedangkan menurut Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) sifat toksisitas logam berat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok yaitu:

- a. Bersifat toksik tinggi yang terdiri atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu dan Zn
- b. Bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni dan Co
- c. Bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe

Pada konsentrasi rendah logam berat tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman tetapi pada konsentrasi tinggi akan menyebabkan kerusakan baik pada tanah, air maupun tanaman. Batas kritis konsentrasi logam berat pada tanah, air, dan tanaman dapat di lihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Batas Kritis Logam Berat dalam Tanah, Air dan Tanaman

Logam berat	Tanah (ppm)	Air (ppm)	Tanaman (ppm)
Pb	100	0.03	50
Cd	0.50	0.05-0.10	5-30
Co	10	0.4-0.6	15-30
Cr	2,5	0.5-1.0	5-30
Ni	50	0.2-0.5	5-30
Cu	60-125	2-3	20-100
Mn	1500	-	-
Zn	70	5-10	100-400

Sumber: Ministry of state for population and environmental of Indoneia and Dalhousie, University Canada

2.2 Logam Berat Pb (Timbal)

Timbal yang dikenal dengan timah hitam dan dalam bahasa ilmiahnya dikenal dengan kata plumbum dan logam ini disimpulkan dengan Pb. Logam ini termasuk kedalam kelompok logam - logam golongan IV–A pada tabel Periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat (BA) 207,2 adalah suatu logam berat berwarna kelabu kebiruan dan lunak dengan titik leleh 327°C dan titik didih 1.620°C . Suhu 550°C

600°C Pb menguap dan membentuk oksigen dalam udara membentuk timbal oksida. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah timbal (II). Walaupun bersifat lunak dan lentur, Pb sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrat dan asam asetat (Palar, 2004).

Timbal banyak dimanfaatkan di bidang industri dan penambangan seperti PbO, Pb₃O₄ pada industri baterai, Pb₃O₄ pada industri cat, PbO pada industri karet, Pb sulfat pada industri cat, Pb arsenat pada insektisida dan Pb naftenat sebagai pengering pada industri kain katun, cat, tinta, cat rambut, insektisida, amunisi dan kosmetik. Timbal di gunakan pula sebagai zat warna yaitu Pb karbonat dan Pb sulfat sebagai zat warna putih dan Pb kromat sebagai krom kuning, krom jingga, krom merah dan krom hijau (Palar, 2004).

Logam Pb termasuk logam berat yang dikategori ke dalam bahan berbahaya dan beracun (B3). Jumlah logam Pb dalam tanah dapat menggambarkan kondisi tanah telah terjadi kontaminasi atau tidak terkontaminasi (Hardiani *et al.*, 2011). Timbal dalam tanah selain dari materi geologis asal suatu tanah, umumnya berasal dari deposisi kering, deposisi basah dan juga berasal dari pembuangan lumpur ke tanah. Sumber lain adalah dari limpasan air irigasi dengan konsentrasi Pb tinggi serta pestisida, pupuk, bahan bakar bertimbal dan pertambangan (Luis & Garci, 2009). Pada kondisi tanah tak tercemar, konsentrasi Pb kurang dari 200 mg/kg. Apabila konsentrasi Pb di suatu lokasi tanah 200 mg/kg atau lebih, maka sudah dapat dikategorikan sebagai tanah tercemar (Purwanta, 2005). Hal ini sesuai dengan kadar ambient logam berat timbal (Pb) dalam tanah menurut Adelia (2004) sesuai dengan kriteria baku mutu tanah di Indonesia dengan standar yaitu 2-200 mg/kg dengan rata-rata 10 mg/kg.

Timbal merupakan logam yang memiliki daya larut sangat rendah dan bersifat pasif, sehingga mempunyai daya translokasi yang rendah mulai dari akar sampai organ tumbuhan lainnya. Pb juga memiliki toksisitas tinggi dan menyebabkan racun bagi

beberapa spesies mangrove. Pada daun, Pb bersifat racun terutama pada saat tumbuhan melakukan fotosintesis, sintesa klorofil, dan sintesa enzim antioksidan (Hamzah & Setiawan, 2010).

2.3 Fitoremediasi

Ide dasar bahwa tumbuhan dapat digunakan untuk agen remediasi lingkungan sudah dimulai dari tahun 1970-an. Seorang ahli geobotani di Caledonia menemukan tumbuhan *Sebertia acuminata* yang dapat mengakumulasi hingga 20% Ni dalam tajuknya (Brown, 1995) dan pada tahun 1980-an, beberapa penelitian mengenai akumulasi logam berat oleh tumbuhan sudah mengarah pada realisasi penggunaan tumbuhan untuk membersihkan polutan (Salt, 2000). Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (Chaney, 1995). Fitoremediasi memerlukan sumber daya dan waktu yang lama, walau begitu memerlukan biaya yang relatif murah, ramah lingkungan dibandingkan dengan teknologi konvensional. Ada beberapa mekanisme fitoremediasi yaitu fitoekstraksi, fitotransformasi (fitodegradasi, rizofiltrasi) dan fitostabilisasi (Vidali, 2001).

Fitoekstraksi atau fitoakumulasi adalah proses yang digunakan oleh tanaman untuk menghilangkan logam beracun di tanah (Lasat, 2002). Tanaman dapat mengendapkan, menyerap dan mengakumulasi logam beracun ke dalam akar dan di transfer ke bagian tajuk (Jeanna, 2000). Fitoekstraksi akan terjadi bila kontaminan seperti logam berat dalam bentuk tersedia. Ketersediaan kontaminan terserap oleh tanaman tergantung dari solubilitas logam dalam larutan tanah, hanya logam dalam bentuk ion bebas, logam kompleks dan metal yang terserap oleh unsur inorganik tanah pada lokasi pertukaran ion (Purwantari, 2007).

Fitotransformasi atau fitodegradasi adalah proses pengrusakan atau penghancuran kontaminan di dalam tanah,

sedimen, *sludge*, air tanah atau air permukaan oleh enzim yang diproduksi dan dilepaskan tanaman. Jenis kontaminan yang dapat dihilangkan melalui mekanisme fitodegradasi antara lain senyawa organik, seperti Trinitrotoluen (TNT), herbisida, insektisida, hara anorganik. Rhizofiltrasi adalah penggunaan akar tanaman untuk menghilangkan logam beracun di tanah dan air dengan menyerap dan disimpan di akar (Jeanna, 2000)

Fitostabilisasi adalah penggunaan tanaman untuk menghilangkan bioavailabilitas logam beracun di tanah (Ondrej *et al.*, 2013). Logam di daerah perakaran dapat distabilkan dengan merubah bentuk dari senyawa dapat larut menjadi tidak larut oleh proses oksidasi, melalui pengendapan di akar tanaman. Sebagai contoh, akar dapat merupakan tempat terjadinya pengendapan timah dalam bentuk yang tidak larut seperti timah fosfat. Pada teknik ini, kontaminan dapat dikurangi melalui penyerapan maupun pengikatan di akar (Salt *et al.*, 1995).

2.4 Potensi Tumbuhan Hiperakumulator

Secara alami tumbuhan memiliki beberapa keunggulan, yaitu: (i) Beberapa famili tumbuhan memiliki sifat toleran dan hiperakumulator terhadap logam berat; (ii) Banyak jenis tumbuhan dapat merombak polutan; (iii) Pelepasan tumbuhan yang telah dimodifikasi secara genetik ke dalam suatu lingkungan relatif lebih dapat dikontrol dibandingkan dengan mikroba (iv) Tumbuhan memberikan nilai estetika (v) Dengan perakarannya yang dapat mencapai 100×10^6 km akar per ha, tumbuhan dapat mengadakan kontak dengan bidang tanah yang sangat luas dan penetrasi akar yang dalam; (vi) Dengan kemampuan fotosintesis, tumbuhan dapat menghasilkan energi yang dapat dicurahkan selama proses detoksifikasi polutan; (vii) Asosiasi tumbuhan dengan mikroba memberikan banyak nilai tambah dalam memperbaiki kesuburan tanah (Feller, 2000).

Mekanisme biologis dari hiperakumulasi unsur logam pada dasarnya meliputi proses-proses sebagai berikut: (i) Interaksi rizosferik, yaitu proses interaksi akar tanaman dengan media

tumbuh (tanah dan air). Dalam hal ini tumbuhan hiperakumulator memiliki kemampuan untuk melarutkan unsur logam pada rizosfer dan menyerap logam bahkan dari fraksi tanah yang tidak bergerak sama sekali sehingga menjadikan penyerapan logam oleh tumbuhan hiperakumulator melebihi tumbuhan normal (ii) Proses penyerapan logam oleh akar pada tumbuhan hiperakumulator lebih cepat dibandingkan tumbuhan normal, terbukti dengan adanya konsentrasi logam yang tinggi pada akar. Akar tumbuhan hiperakumulator memiliki daya selektifitas yang tinggi terhadap unsur logam tertentu (iii) Sistem translokasi unsur dari akar ke tajuk pada tumbuhan hiperakumulator lebih efisien dibandingkan tanaman normal (Hidayati, 2005).

2.5 Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

Tanaman sengon merupakan tanaman Leguminosae, sering digunakan sebagai tanaman untuk reboisasi di kehutanan karena bersifat *fast growing trees*. Selain mempunyai dua nama latin yakni *Albizia falcataria* (L) Forberg dan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen, sengon mempunyai nama daerah yang bermacam-macam. Hal ini dapat dilihat dengan adanya program pemerintah berupa proyek “Sengonisasi” bagi daerah-daerah kritis yang rawan bencana erosi (Krisnawati *et al.*, 2007). Berikut klasifikasi sengon menurut Steenis (1992):

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub Divisio	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledonae
Ordo	: Leguminosae
Familia	: Mimosaceae
Genus	: Paraserianthes
Species	: <i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen

Tanaman sengon di Indonesia dikenal dengan beberapa sebutan, yaitu jeunjing, jeunjing laut, sengon laut, sengon jawa, seja, sikat, dan tawa. Pohon sengon berbatang lurus, kulit berwarna kelabu keputih-putihan, licin, tidak mengelupas, dan

memiliki batang bebas cabang mencapai 20 meter (Atmosuseno, 1999). Tajuk tanaman berbentuk menyerupai payung dengan rimbun daun yang tidak terlalu lebat. Daun sengan tersusun majemuk menyirip ganda dengan anak daunnya kecil-kecil dan mudah rontok. Warna daun sengan hijau pupus, berfungsi untuk fotosintesis dan sekaligus sebagai penyerap nitrogen dan karbondioksida dari udara bebas (Teten, 2001).

Perakaran sengan terbentang melebar dan memiliki akar tunggang yang cukup kuat menembus ke dalam tanah. Akar rambutnya tidak terlalu besar, tidak rimbun, dan tidak menonjol ke permukaan tanah (Teten, 2001). Perakaran sengan mengandung bintil atau nodul akar, sehingga akar sengan dapat berfungsi untuk menyimpan nitrogen dan menjadi pohon yang cocok untuk penghijauan dan rehabilitasi lahan kritis (Atmosuseno, 1999).

Sengan termasuk tanaman tropis, sehingga untuk pertumbuhannya memerlukan suhu sekitar 18-27°C. Kelembaban juga berpengaruh pada pertumbuhan setiap tanaman, dimana reaksinya tergantung kepada jenis tanaman itu sendiri. Tanaman sengan membutuhkan kelembaban sekitar 50-75% dan sengan menyukai tanah yang relatif datar. Akan tetapi, pada keadaan tertentu sengan juga dapat ditanam di areal yang bergelombang dan miring dengan persentase kemiringan mencapai 25%. Dalam hal pertumbuhan, sengan memiliki kelebihan dibandingkan pohon budidaya kayu lainnya. Secara khusus tanaman ini tidak memerlukan persyaratan tumbuh yang rumit (Atmosuseno, 1999). Pohon sengan dapat tumbuh di tanah marginal lahan bekas pertambangan yang banyak mengandung logam berat. Logam berat tersebut dapat diserap dan sebagian besar diakumulasi di dalam akar sengan (Handayanto *et al.*, 2014).

Tanaman sengan menyukai pH tanah yang netral sampai basa dan membutuhkan fosfat dalam jumlah yang agak besar. Kisaran pH ini penting diperhatikan mengingat pH tanah tersebut menentukan penyerapan unsur hara oleh tanaman (Atmosuseno, 1999). Sengan juga diketahui dapat berasosiasi secara baik

dengan Vesikular-Arbuskular Mikoriza (MVA), sehingga dengan adanya asosiasi ini memungkinkan tanaman sengon untuk tumbuh baik pada lingkungan yang ekstrim, kritis unsur hara, dan air (Setiadi, 2001).

2.6 Cendawan Mikoriza Arbuskular

Asosiasi simbiotik antara jamur dengan akar tanaman yang membentuk jalinan interaksi yang kompleks dikenal dengan mikoriza yang secara harfiah berarti “akar jamur”. Mikoriza berasal dari kata Miko (Mykes = cendawan) dan Riza yang berarti Akar tanaman. Struktur yang terbentuk dari asosiasi ini tersusun secara beraturan dan memperlihatkan spektrum yang sangat luas baik dalam hal tanaman inang, jenis cendawan maupun penyebarannya (Atmaja, 2001). Secara umum mikoriza di daerah tropika digolongkan dalam dua tipe yaitu: Endomikoriza dan Ektomikoriza (Pujiyanto, 2001). Endomikoriza disusun oleh anggota Endogonaceae. Cendawan ini membuat jala-jala hifa didalam antara sel korteks, yang kemudian merusak keluar menuju ke tanah untuk menyerap air dan garam mineral. Meskipun endomikoriza tampaknya langsung menerobos ke sitosol sel korteks (dalam sitosol mereka membentuk struktur yang disebut vesikel-kantung, dan arbuskula bercabang-cabang, sesuai dengan namanya), hifa itu dikelilingi membran plasma sel korteks yang membentuk kantung ke arah dalam (Muchovej, 2001). Cendawan endomikoriza dapat dibedakan dari ektomikoriza, karena beberapa karakteristik berikut ini :

- 1) Perakaran yang kena infeksi tidak membesar;
- 2) Cendawan membentuk struktur lapisan hifa tipis pada permukaan akar, tetapi tidak setebal pada ektomikoriza;
- 3) Hifa menyerang (masuk) ke dalam individu sel jaringan korteks; dan
- 4) Adanya struktur khusus berbentuk oval yang disebut “Vesicles” dan sistem percabangan hifa yang disebut “Arbuscule”.

Kondisi lingkungan tanah yang cocok untuk perkecambahan biji juga cocok untuk perkecambahan spora mikoriza (Pujiyanto, 2001). Ketersediaan hara terutama nitrogen dan fosfor yang rendah akan mendorong pertumbuhan mikoriza. Selain meningkatkan penyerapan unsur P, mikoriza juga meningkatkan penyerapan beberapa unsur mikro seperti Cu dan Zn (Islami & Utomo, 1995). Penetrasi jamur mikoriza pada epidermis akar melalui tekanan mekanis dan aktivitas enzim, yang selanjutnya tumbuh menuju korteks. Pertumbuhan hifa secara eksternal terjadi jika hifa internal tumbuh dari korteks melalui epidermis. Pertumbuhan hifa secara eksternal tersebut terus berlangsung sampai tidak memungkinkannya untuk terjadi pertumbuhan lagi. Bagi jamur mikoriza, hifa eksternal berfungsi mendukung fungsi reproduksi serta untuk transportasi karbon serta hara lainnya kedalam spora, selain fungsinya untuk menyerap unsur hara dari dalam tanah untuk digunakan oleh tanaman (Pujiyanto, 2001).

Ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh oleh tanaman inang dari adanya asosiasi mikoriza adalah :

- 1) Meningkatkan penyerapan unsur hara. tanaman yang bermikoriza biasanya tumbuh lebih baik daripada yang tidak bermikoriza. Salah satu sebab untuk hal ini ialah bahwa mikoriza secara efektif dapat meningkatkan penyerapan unsur hara makro dan beberapa unsur mikro. Selain itu akar yang bermikoriza dapat menyerap unsur hara dalam bentuk terikat dan tidak tersedia untuk tanaman.
- 2) Meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan. tanaman yang bermikoriza biasanya lebih tahan kering daripada yang tidak bermikoriza. Kekeringan yang menyebabkan rusaknya jaringan korteks, kemudian matinya perakaran, pengaruhnya tidak akan permanen pada akar yang bermikoriza. Akar yang bermikoriza akan cepat kembali pulih setelah periode kekurangan air berlalu, Hal ini disebabkan hifa cendawan mampu untuk menyerap air pada pori-pori tanah, pada saat akar tanaman sudah tak mampu. Selain itu penyebaran hifa di

dalam tanah sangat luas, sehingga dapat mengambil air relatif banyak

- 3) Tahan terhadap serangan patogen akar. Mikoriza menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan exudat akar lainnya, sehingga tercipta lingkungan yang tidak cocok bagi patogen.
- 4) Mikoriza dapat menggantikan sebagian dari kebutuhan pupuk bagi anakan pohon yang ditanam pada kondisi tanah yang tidak subur.
- 5) Penggunaan mikoriza dibandingkan dengan pupuk organik lebih menguntungkan disamping mampu menyerap N, P, K serta beberapa unsur mikro yang biasanya bukan bagian dari pupuk buatan; dan
- 6) Pemakaian mikoriza sebenarnya merupakan keseimbangan ekologi, aman dipakai, tidak menyebabkan pencemaran lingkungan, berperan aktif dalam siklus hara dengan transfer organik dan dapat memperbaiki kesuburan tanah karena kemampuannya untuk mengekstraksi unsur yang terikat (Imas *et al.*, 1989).

Mikoriza juga dapat melindungi tanaman dari unsur tertentu yang bersifat racun seperti logam berat sehingga mikoriza dapat dijadikan biofertilizer yang berpotensi digunakan pada bioremediasi tanah tercemar logam berat. Mikoriza arbuskula spesies *Gigaspora margarita* mempunyai toleransi yang tinggi pada media tanam dengan kandungan Pb tinggi dan masih mampu bertahan pada pemberian Zn dalam media tanam sampai 500 mg/g. Sedangkan spesies *Glomus mosseae* yang bersimbiosis dengan tanaman jagung dengan media yang ditambahkan garam CdCl_2 sampai dengan 8 mg/polybag, masih mampu bertahan hidup. Selain itu diduga ada kemungkinan kontrol mikoriza terhadap serapan logam pada tanaman dari tanah terpolusi logam berat sehingga menurunkan efek fitotoksiknya (Hajoeningtjas, 2009). Menurut Davis *et al.* (2001), dalam membantu tanaman inangnya yang hidup pada lahan-lahan yang mempunyai kandungan logam berat tinggi fungi mikoriza mensekresikan

senyawa pengkelat logam berat (misalnya asam organik dan siderofor) ke dalam rizosfir atau menghasilkan enzim metal-reduktase sehingga dapat mengimobilisasi logam. Sedangkan menurut Joner and Leyval (2000), hifa ekstra radikal FMA dapat menyerap logam berat lebih banyak akan tetapi logam diimobilisasi sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman inangnya.

2.7 *Glomus* sp.

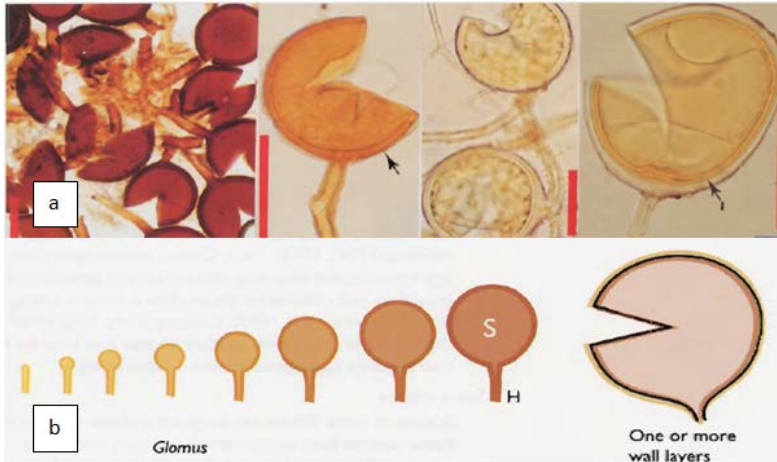
Genus *Glomus* dicirikan dengan dibentuknya khlamidospora. Khlamidospora merupakan sel berdinding tebal hasil fragmentasi dari hifa selama proses perkembangbiakan. Khlamidospora dibentuk dalam sporokarp akar, atau bebas dalam tanah. Pembentukan khlamidospora biasanya terminal, namun dapat pula membentuk spora *intercalary* dan spora-spora yang mempunyai lebih dari satu umbai basal. Khlamidospora berkecambah dengan memperbarui pertumbuhannya melalui hifa (Sastrahidayat, 2011).

Glomus sp. merupakan spesies jamur yang sering muncul pada kelompok mikoriza yang berasosiasi dengan tanaman pada daerah yang berbeda di seluruh penjuru dunia. Berikut adalah klasifikasi mikoriza *Glomus* sp. menurut Sastrahidayat (2011):

Kingdom	: Fungi
Classis	: Zygomycota
Ordo	: Glomales
Familia	: Glomaceae
Genus	: <i>Glomus</i>
Species	: <i>Glomus</i> sp.

Bentuk spora *Glomus* berbeda-beda ada yang berbentuk *globose*, *ovoid*, dan *ellipsoid*, sedangkan pada ornamennya ada yang berupa *smooth* dan *verrucose*. Spora dari genus *Glomus* mempunyai ukuran <100 µm. Akan tetapi ukuran spora *Glomus* yang ditemukan bervariasi mulai dari 6,145 µm hingga 9,156 µm. Karakteristik khas pada spora *Glomus* adalah sering terlihat jelas dinding spora dan terdapat ujung hifa yang menempel pada

permukaan spora (substending hifa) (Brundrett, 1996). Pada perkembangan spora *Glomus*, ujung hifa akan membesar sampai mencapai ukuran maksimal sehingga terbentuk spora (khlamidospora). Terkadang hifa ini akan bercabang-cabang dan tiap cabangnya membentuk khlamidospora.



Gambar 2.1 a) Spora *Glomus* sp. b) Perkembangan spora *Glomus* sp. (Brundrett *et al.*, 1995)

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2015 sampai dengan Juli 2015 di Greenhouse Urban Farming ITS Surabaya dan laboratorium Botani Jurusan Biologi FMIPA ITS.

3.2 Metode yang Digunakan

3.2.1 Sterilisasi Media Tanam

Media yang digunakan adalah tanah taman yang disterilisasi dengan autoklaf selama 15 menit dengan tekanan 1 atm (Vita, 2009) di laboratorium Botani Jurusan Biologi FMIPA ITS.

3.2.2 Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Sampel tanah tersebut dianalisa sebanyak 3 kali ulangan, masing-masing ulangan sebanyak ± 250 gram (Nurhayati, 2010). Sifat fisik yang diukur adalah pH tanah. Sedangkan sifat kimia tanah yang diukur adalah kandungan bahan organik (C-organik), kandungan NPK, dan kadar air (Sastrahidayat, 2011).

3.2.3 Uji Viabilitas Mikoriza

Uji viabilitas mikoriza dilakukan pada tanaman jagung dan tanaman Sengon. Inokulum mikoriza yang digunakan adalah *Glomus* sp. Dosis mikoriza yang digunakan untuk perlakuan yaitu 2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram, dan 10 gram. Masing – masing perlakuan dosis inokulum tersebut diberikan pada benih jagung dan bibit Sengon yang ditanam pada media tanam sebanyak 200 gram di dalam polybag. Masing – masing polybag diberi label dengan perlakuan. Inokulum mikoriza dimasukkan pada kedalaman 2 – 3 cm dari permukaan tanah, lalu ditutup dengan tanah. Selanjutnya, dimasukkan benih sedalam 1 cm dari atas permukaan tanah pada lubang yang sama ketika mikoriza

dimasukkan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 2 kali ulangan (Imas *et al*, 1989). Tanaman ditumbuhkan selama 1 bulan. Setelah 1 bulan dilakukan pengamatan infeksi mikoriza dengan membuat preparat akar semi permanen.

3.2.4 Penyiapan Tanaman

Tanah yang sudah disterilkan sebanyak 3 kg dimasukkan pada setiap *polybag*. Bibit Sengon umur 2 minggu dimasukkan dalam *polybag* yang berisi 3 kg media tanaman. Setiap *polybag* berisi 1 bibit Sengon dan diinfeksi dengan spora *Glomus* sp. sebanyak 25 gram, 50 gram dan 75 gram. Kemudian dilakukan penyiraman setiap 1 kali sehari tergantung keadaan cuaca untuk menjaga kelembaban media. Bibit Sengon diadaptasi di lingkungan yang baru selama 2 minggu.

3.2.5 Pembuatan Bioreaktor

Media tanam yaitu tanah taman dengan massa 3 kg dimasukkan ke dalam *polybag* dan diaduk sampai rata sambil ditambahkan logam berat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan dosis 833 mg/kg. Untuk penambahan mikoriza, tanaman Sengon yang telah diadaptasi sebelumnya dan diinfeksi dengan spora *Glomus* sp. Dosis mikoriza yang diinokulasikan sesuai dengan perlakuan (tabel 3.1). Inokulasi mikoriza dilakukan dengan menggunakan sistem lapisan. Media tanam diambil dengan ketebalan 1 cm, kemudian di atasnya dilapisi inokulum mikoriza dengan konsentrasi sesuai perlakuan kemudian dilapisi lagi dengan media tanam. Tanaman Sengon kemudian dimasukkan ke dalam media. Tanaman diberi pupuk NPK sebanyak 3 gram (Hardiatmi, 2008) dan kemudian ditumbuhkan pada rumah kaca selama 8 minggu. Bioreaktor yang telah siap terlebih dahulu di analisa pH. Analisa pH dilakukan dengan menggunakan alat *soil tester*. *Soil tester* ini berupa alat yang dapat mengukur nilai pH tanah dengan membaca jarum penunjuk yang bergerak ketika *soil tester* ditancapkan pada bioreaktor. Jarum akan bergerak sesuai dengan kandungan pH dalam bioreaktor.

3.2.6 Penyiraman dan Pemupukan

Seluruh bioreaktor disirami dengan air setiap penyiraman. Penyiraman tanaman dilakukan setiap hari sekali dibawah pukul 08.00 WIB. Pemupukan dengan menggunakan pupuk NPK dilakukan hanya sekali ketika penanaman pertama sebanyak 3 gram.

3.2.7 Pengamatan Tanaman

Pengukuran pengamatan tanaman sengan sebagai berikut:

1) Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan menggunakan penggaris (cm) dari bagian pangkal batang tanaman yang tumbuh dipermukaan tanah sampai titik tertinggi batang dan diukur setiap seminggu 1 kali selama 8 minggu penanaman (Sitompul & Guritno, 1995).

2) Panjang Akar

Pengukuran panjang akar dilakukan dengan menggunakan penggaris (cm) dari bagian pangkal akar sampai ujung akar yang terdalam dan dilakukan pada akhir penanaman (Sitompul & Guritno, 1995).

3) Berat Kering Tanaman

Pengukuran berat kering dilakukan setelah tanaman dipanen yaitu 8 minggu setelah tanam. Bagian tanaman dipisahkan sehingga diperoleh 3 bagian tanaman yaitu akar, batang, dan daun. Akar kemudian dicuci dengan air di dalam gelas beker dan bilas kembali menggunakan aquades. Akar yang telah dicuci lalu diletakkan di antara kertas saring menggunakan pinset untuk menyerap sisa – sisa air cucian. Kemudian setelah air terserap, akar, batang, dan daun tersebut dikeringkan pada suhu 60°C di dalam oven selama 2 hari. Akar, batang, dan daun yang telah benar – benar kering kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik sehingga diperoleh berat kering akar, batang, dan daun tanaman tersebut (Sastrahidayat, 2011).

3.2.8 Perhitungan Infeksi Mikoriza *Glomus* sp.

Perhitungan infeksi mikoriza pada akar Sengon dilakukan dengan dibuat terlebih dahulu preparat akar semi permanen. Akar tanaman dibersihkan dan di potong sepanjang 1 cm menggunakan scalpel. Kemudian akar dicuci dengan air dan dimasukkan ke dalam tabung fial lalu ditambahkan KOH 10% sampai terendam kemudian dipanaskan dengan autoklaf pada suhu 121° dengan C selama 15 menit. Setelah itu KOH dibuang dan dibilas dengan air sebanyak 3 kali dengan bantuan saringan teh. Kemudian ditambahkan 3ml H₂O₂ 3% selama 15 menit. H₂O₂ dibuang dan dibilas dengan air sebanyak 3 kali dengan bantuan saringan teh. Kemudian diberi HCl 1% selama 5 menit. Setelah itu HCl dibuang dan ditambahkan lactophenol tryphan blue (LTB) 0,05% dan diautoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah pemanasan tersebut, LTB dibuang dan akar dibilas dengan air. Kemudian ditambah lactogliserol hanya dibilas (Sastrahidayat, 2011).

Potongan akar disusun pada kaca preparat kemudian ditetesi larutan lactogliserol dan ditutup dengan kaca penutup. Pemilihan potongan akar dilakukan secara acak sebanyak 10 potongan. Preparat ini kemudian diamati menggunakan mikroskop. Persen infeksi mikoriza dihitung dari jumlah akar yang terinfeksi dari 10 potongan akar yang diamati. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop. Akar yang terinfeksi mikoriza ditandai dengan adanya hifa, vesikel atau arbuskula dalam korteks akar tanaman. Persen infeksi mikoriza dihitung berdasarkan rumus (Suharno *et al.*, 2014) :

$$\% \text{ Terinfeksi} = \frac{\sum \text{akar yang terinfeksi}}{\sum \text{seluruh akar}} \times 100\%$$

Penggolongan tingkat infeksi akar adalah berdasarkan klasifikasi The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA dalam Setiadi *et al.*, (1992), yaitu :

- Kelas 1, bila infeksiunya 0 – 5% (sangat rendah, +).
- Kelas 2, bila infeksiunya 6 – 26% (rendah, ++).
- Kelas 3, bila infeksiunya 27 – 50% (sedang, +++).
- Keals 4, bila infeksiunya 51 – 75% (tinggi, ++++).
- Kelas 5, bila infeksiunya 76 – 100% (sangat tinggi, +++++).

3.2.9 Analisis Hasil Uji Logam Pb

Potensi tanaman sebagai remediator dilakukan dengan menghitung akumulasi dalam akar dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) di Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang dilakukan yaitu dengan memberikan dosis mikoriza yang berbeda-beda pada tanaman sengan, yaitu 0 gram, 25 gram, 50 gram dan 75 gram. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Berikut adalah tabel rancangan penelitian:

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

Perlakuan	Ulangan			
	1	2	3	4
A	A1	A2	A3	A4
B	B1	B2	B3	B4
C	C1	C2	C3	C4
D	D1	D2	D3	D4
E	E1	E2	E3	E4

Keterangan :

- = Perlakuan tanpa mikoriza dan tanpa logam $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- = Perlakuan tanpa mikoriza dengan logam $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- = Perlakuan pemberian dosis mikoriza 25 gr+ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- = Perlakuan pemberian dosis mikoriza 50 gr+ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- = Perlakuan pemberian dosis mikoriza 75 gr+ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Analisis statistika menggunakan ANOVA *one-way* pada taraf signifikan (α) 0.05 untuk mengetahui sidik ragamnya. Jika hasil berbeda nyata maka analisis statistik akan dilanjutkan menggunakan uji Duncan. Hipotesa awal dianalisa pada masing – masing parameter pengamatan, hipotesanya adalah sebagai berikut :

- a) H0 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. tidak berpengaruh efektif pada tinggi tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb
 H1 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh efektif pada tinggi tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb
- b) H0 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. tidak berpengaruh efektif pada biomassa/berat kering akar, batang dan daun tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb
 H1 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh efektif pada biomassa tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb
- c) H0 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. tidak berpengaruh efektif pada panjang akar pada tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb
 H1 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh efektif pada panjang akar pada tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb
- d) H0 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. tidak berpengaruh efektif pada akumulasi logam Pb di akar tanaman Sengon
 H1 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh efektif pada akumulasi logam Pb di akar tanaman Sengon

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Viabilitas Mikoriza *Glomus* sp.

Tahap awal penelitian ini, dilakukan uji viabilitas mikoriza *Glomus* sp. yang bertujuan untuk mengetahui mikoriza yang digunakan masih dapat menginfeksi akar tanaman atau tidak. Uji viabilitas dilakukan pada tanaman sengon sebagai inang dan tanaman jagung sebagai pembanding, karena Jenis tanaman yang berbeda akan menunjukkan reaksi yang berlainan terhadap infeksi mikoriza dan secara tidak langsung mempengaruhi perkembangan infeksi dan kolonisasi jamur mikoriza (Nurhayati, 2012).

Tanaman jagung digunakan karena jagung merupakan inang yang cukup baik untuk perkembangan hifa mikoriza, pertumbuhannya yang relatif lebih cepat, daya adaptasi tinggi terutama di lahan kering, serta sistem perakaran yang cocok untuk berlangsungnya pertumbuhan mikoriza (Sofyan, 2005). Menurut Nurhayati (2012) tanaman jagung mempunyai perakaran serabut yang lunak sehingga mikoriza dapat mudah menginfeksi akar. Selain itu, kadar karbohidrat pada akar tanaman jagung relatif tinggi sehingga jumlah eksudat akar berupa gula tereduksi dan asam-asam amino juga meningkat, hal ini sesuai dengan pernyataan Yuni (1995) yang menyatakan bahwa eksudat akar merupakan pemicu perkecambahan spora terutama senyawa flavonoid dari jenis flavonol yang berfungsi memicu pertumbuhan hifa mikoriza.

Tabel 4.1 Persentase uji viabilitas mikoriza *Glomus* sp. pada tanaman jagung dan sengon setelah 1 bulan penanaman

Perlakuan	Persentase infeksi mikoriza (%)	
	Jagung	Sengon
2 gram	50	50
4 gram	60	50
6 gram	60	55
8 gram	65	70
10 gram	70	75

Keterangan : Tiap 100 gram mikoriza mengandung 4,562 spora *Glomus* sp.

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa hasil persentase infeksi uji viabilitas mikoriza *Glomus* sp. pada tanaman jagung sebesar 50% - 70% sedangkan pada tanaman sengon sebesar 50% - 75%, pemberian mikoriza *Glomus* sp. dengan perlakuan 2-10 gram pada tanaman jagung dan sengon dapat menginfeksi akar tanaman $\geq 50\%$, sehingga dari hasil uji viabilitas tersebut, dapat diketahui bahwa mikoriza *Glomus* sp. dapat menginfeksi tanaman sengon (*P. falcataria*) dan dapat beradaptasi pada tanaman tersebut. Mikoriza dapat dikatakan viabel apabila persentase infeksi di atas 50% (Sastrahidayat, 2011).

4.2 Persentase Infeksi Mikoriza *Glomus* sp. pada Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

Persentase infeksi mikoriza atau infektivitas merupakan kemampuan atau daya jamur untuk menginfeksi dan mengkoloni akar tanaman. Infektivitas dalam hal ini dinyatakan sebagai jumlah akar tanaman yang terinfeksi (Nurhayati, 2012). Berikut merupakan hasil persentase infeksi mikoriza *Glomus* sp. pada tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) setelah ditumbuhkan selama 8 minggu pada media tanam terkontaminasi logam berat Pb (Tabel 4.2)

Tabel 4.2 Rata-rata persentase infeksi mikoriza *Glomus* sp. pada tanaman sengon (*P. falcataria*) umur 8 minggu

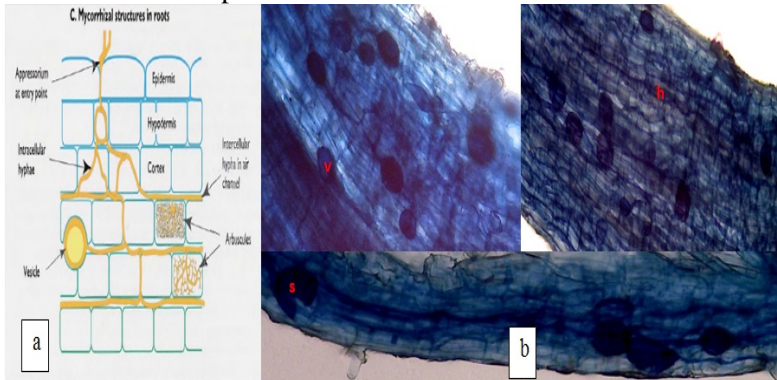
Perlakuan	% infeksi akar tanaman sengon
0 gram mikoriza - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0
0 gram mikoriza + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0
25 gram mikoriza + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	57,5
50 gram mikoriza + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	67,5
75 gram mikoriza + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	70,0

Hasil persentase infeksi (Tabel 4.2) pada perlakuan kontrol yaitu perlakuan kontrol-Pb (0 gram mikoriza-Pb(NO_3)₂) dan kontrol+Pb (0 gram mikoriza+ Pb(NO_3)₂) menunjukkan tidak ada mikoriza yang menginfeksi akar sengon dengan nilai 0%. Hal ini dikarenakan media tanam yang digunakan telah disterilisasi terlebih dahulu sehingga besar kemungkinan tidak ada mikroorganisme baik mikoriza atau yang lainnya pada perlakuan kontrol.

Tabel 4.2 juga menunjukkan bahwa persentase infeksi akar tanaman yang diinokulasi mikoriza hasilnya lebih tinggi daripada yang tidak diinokulasi (kontrol), hal ini mengindikasikan akan keberhasilan inokulasi. Hasil persentase infeksi meningkat seiring dengan penambahan dosis mikoriza. Persentase infeksi tertinggi pada perlakuan 75 gram mikoriza yaitu sebesar 70% sedangkan persentase terendah yaitu pada perlakuan dosis 25 gram mikoriza yaitu 57,50%.

Tingginya tingkat infeksi mikoriza pada akar disebabkan oleh banyaknya spora yang ditambahkan ke dalam media tanam dan keefektifan dari tanaman inang untuk bersimbiosis dengan mikoriza. Menurut Desi *et al.* (2013) salah satu faktor yang mengakibatkan keefektifan mikoriza dengan tanaman inang adalah adanya kemampuan jamur untuk membentuk hifa yang ekstensif sehingga mampu untuk membentuk infeksi pada akar, sehingga tabel 4.2 di atas menunjukkan bahwa semakin besar dosis mikoriza yang diberikan semakin besar pula persentase mikoriza.

Berikut gambar (4.1) mikroskopis akar yang terinfeksi mikoriza *Glomus* sp. :



Gambar 4.1 Gambar mikroskopis mikoriza *Glomus* sp. (a) Struktur Mikoriza yang menginfeksi Akar Tanaman (Brundrett *et al.*,1996). (b) vesikel (v) spora (s) dan hifa (h), perbesaran 100x.

Pada gambar 4.2 terlihat adanya vesikel, spora dan hifa. Mikoriza *Glomus* sp. (MVA) mempunyai struktur yang terdiri dari hifa eksternal, internal, vesikel dan arbuskular. Hifanya tidak bersekat, dan tumbuh diantara sel-sel korteks dan didalamnya bercabang-cabang (Haris, 2010).

Hifa (gambar b [h]) yang berada di dalam sel akar inang merupakan titik awal penetrasi dan hubungan langsung dengan hifa yang berada di luar akar yang berfungsi dalam penyerapan unsur hara dan air (Sastrahidayat, 2011). Hifa MVA tidak masuk sampai jaringan stele, dan didalam sel yang terinfeksi terbentuk hifa yang bercabang-cabang disebut arbuskular. Arbuskular inilah berfungsi sebagai alat pemindah unsur hara (Haris, 2010).

Struktur yang menggelembung dibentuk secara apikal dan sering kali terdapat pada hifa-hifa utama sehingga struktur ini disebut vesikel (gambar b [v]) . Vesikel dibentuk pada ujung hifa di dalam jaringan inang. Vesikular kadang - kadang ukurannya sangat besar dan berdinding tebal serta mengandung banyak lipid yang berfungsi sebagai organ simpan atau tempat cadangan

makanan (Haris, 2010). Sedangkan spora mikoriza (gambar b [s]) merupakan propagul yang bertahan hidup dibandingkan dengan hifa yang ada di dalam akar tanah (Sastrahidayat, 2011).

Terlihatnya struktur mikoriza pada gambar 4.1 menandakan keberhasilan dalam inokulasi dan infektivitas (infeksi mikoriza) pada tanaman sengon. Menurut Nurhayati *et al.* (2010) keberhasilan infektivitas mikoriza sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan baik biotik maupun abiotik. Faktor biotik antara lain spesies cendawan, tanaman inang, tipe perakaran tanaman inang. Sedangkan faktor abiotik berhubungan dengan kondisi tanah atau media tanam, diantaranya adalah bahan organik, unsur hara, pH, serta kadar air (tabel 4.3).

Tabel 4.3 Hasil analisa media tanam sebelum diaplikasikan

Parameter	Nilai
C Organik	0,47 – 0,55 %
Bahan organik	0,80 – 0,96
N	0,02 %
P	2,97 – 6,60 mg/kg
K	0,14 - 0,17 me/100gr
pH	7,0 - 7,1
Pb	0 – 0,31 mg/kg
Kadar air	22 - 23 %

Hasil analisa sifat kimia pada tabel 4.3 sangat penting dalam kaitannya dengan keberadaan dan derajat infeksi mikoriza pada akar. Berdasarkan kriteria penilaian sifat kimia tanah (Departemen pertanian, 1983), kandungan C organik termasuk sangat rendah yaitu 0,47% - 0,55%, kandungan N total sangat rendah yaitu 0,02%, kandungan P sangat rendah yaitu 2,97% - 6,60% dan kandungan K dikategorikan rendah yaitu 0,14 – 0,17 me/100gr serta pH netral antara 7,0 – 7,1.

Kondisi tanah yang memiliki kandungan N, P, K dan C yang rendah dapat mengoptimalkan infeksi dan kerja mikoriza dalam penyerapan unsur hara dengan memperluas daerah penyerapan. Hal ini karena tumbuhan pada saat kandungan P tersedia di tanah

rendah dan pH netral akan meningkatkan produksi eksudat pada akar tanaman yang nantinya dapat mengaktifkan hifa dan spora mikoriza sehingga perkembangan infeksi mikoriza pada akar juga meningkat (Smith and Read, 1997). Margarettha (2010) juga menyebutkan bahwa dengan kandungan unsur P rendah, mikoriza mampu berasosiasi dengan akar tanaman yang tumbuh di sekitarnya, karena tingkat kolonisasi mikoriza adalah berbanding terbalik dengan tingkat ketersediaan P dalam tanah.

Derajat keasaman (pH) menentukan mudah tidaknya unsur hara diserap tanaman termasuk unsur P dalam tanah dan berpengaruh pada proses perkecambahan spora. Derajat keasaman (pH) pada mikoriza *glomus* sp. untuk perkecambahan spora antara 5,6 dan 7 (Sastrahidayat, 2011).

Unsur C organik yang terdapat pada media tanam juga dapat menjamin terjadinya mineralisasi yang hasilnya dapat menyediakan unsur hara bagi simbiosis vesikula arbuskula mikoriza dengan tanaman dan dapat menginduksi pertumbuhan hifa vesikula arbuskula mikoriza (Muzakkir, 2011).

Kadar air juga mempengaruhi perkembangan dan infeksi mikoriza. Kadar air yang ditunjukkan diatas dikategorikan rendah yaitu 22-23% (Balai penelitian tanah, 2009). Mikoriza berkembang pada kadar air yang stabil, tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah. Apabila kadar air sangat tinggi atau berlebihan dapat menyebabkan kondisi anaerob sehingga menghambat perkembangan mikoriza karena semua jamur pembentuk mikoriza adalah obligat aerob (Handayanto & Hairiah, 2007).

4.3 Pengaruh Pemberian Mikoriza *Glomus* sp. Pada Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

Mikoriza memiliki peran yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Salah satu fungsinya menurut Tanala dan Adnan (2005) adalah pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik sehingga hasil biomassa yang didapat jauh lebih banyak. Pertambahan tinggi, berat kering dan panjang akar dalam

Peneilitian ini merupakan parameter yang diamati dari pertumbuhan tanaman sengon (*P. falcataria*) yang ditumbuhkan pada media yang mengandung logam berat Pb. Ketiga parameter tersebut merupakan salah satu aspek yang dapat diamati dan mudah dinilai kualitas pertumbuhannya.

Hasil uji ANOVA dengan taraf kepercayaan 95% menunjukkan bahwa penambahan mikoriza pada media tanam yang mengandung logam berat Pb berpengaruh terhadap tinggi tanaman dengan nilai p. value 0,000. Nilai p. value $<0,05$ menunjukkan hipotesa H_0 ditolak, oleh karena itu dilakukan uji lanjut Duncan (tabel 4.4). Sedangkan penambahan mikoriza pada media tanam yang mengandung logam berat Pb tidak berpengaruh terhadap panjang akar dan berat kering tanaman sengon dengan nilai p. value masing-masing yaitu 0,096 dan 0,568 sehingga hipotesa H_0 diterima dan tidak dilakukan uji lanjut Duncan (tabel 4.4)

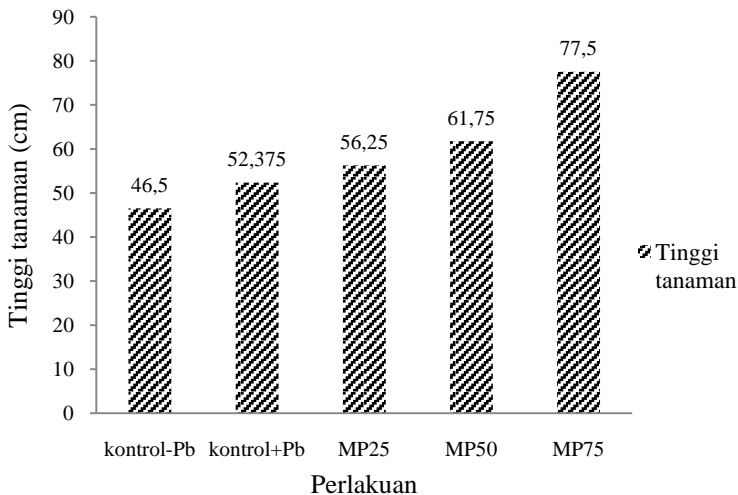


Gambar 4.2 Tinggi tanaman sengon usia 3 bulan setelah ditumbuhkan di media Pb selama 8 minggu (a) 0 gram mikoriza - $Pb(NO_3)_2$ (b) 0 gram mikoriza + $Pb(NO_3)_2$ (c) 25 gram mikoriza + $Pb(NO_3)_2$ (d) 50 gram mikoriza + $Pb(NO_3)_2$ (e) 75 gram mikoriza + $Pb(NO_3)_2$

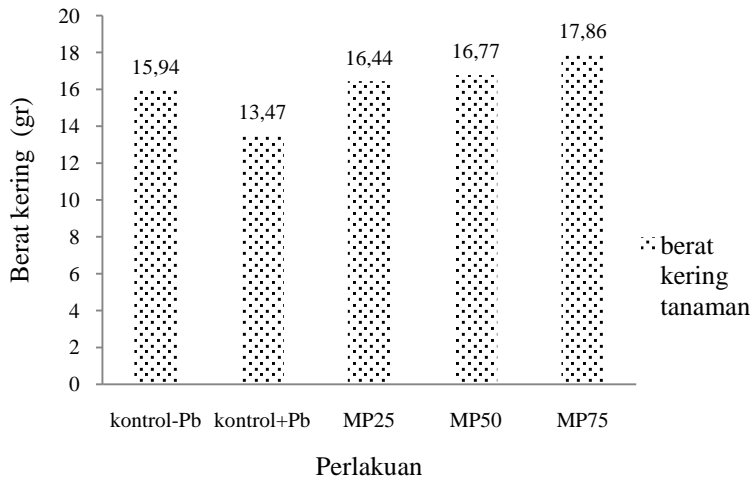
Tabel 4.4 Pengaruh pemberian mikoriza *Glomus* sp. terhadap pertumbuhan tanaman sengon (*P. falcataria*)

Perlakuan	Parameter		
	Tinggi (cm) \pm SE	Panjang akar (cm)	Berat kering (gr)
0 gram mikoriza - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	46,50 \pm 3,66 a	25,22	15,94
0 gram mikoriza + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	52,38 \pm 2,58 ab	21,68	13,47
25 gram mikoriza + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	56,25 \pm 1,60 ab	31,35	16,44
50 gram mikoriza + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	61,75 \pm 1,18 b	28,5	16,77
75 gram mikoriza + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	77,50 \pm 5,00 b	31,5	17,86

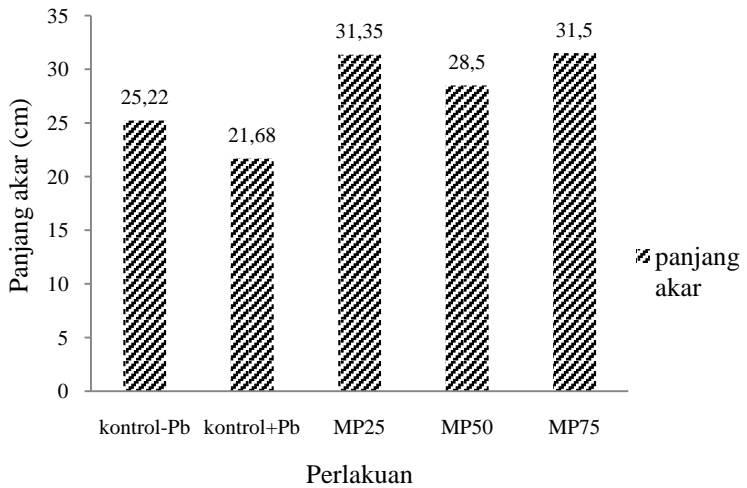
Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan pengaruh berbeda nyata dalam uji lanjut Duncan pada taraf kepercayaan 95% dan \pm SE (standart error), tiap 100 gram mikoriza mengandung 4,562 spora *Glomus* sp.



Gambar 4.3 Histogram rata-rata tinggi tanaman sengon.



Gambar 4.4 Histogram berat kering tanaman sengon.



Gambar 4.5 Histogram panjang akar tanaman sengon.

Tinggi tanaman diamati selama 8 minggu. Pada tabel 4.4 menunjukkan antara perlakuan kontrol negatif dan positif tidak berbeda nyata dan apabila dilihat dari grafik 4.3, tinggi tanaman pada perlakuan kontrol positif (dengan penambahan Pb) lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol negatif (tanpa penambahan Pb). Hal ini karena akar tanaman yang terpapar logam Pb akan menjaga ion logam beracun dalam konsentrasi rendah dalam sitoplasma dengan mencegah transpor ion logam menembus membran plasma (Reichman, 2002). Pencegahan transport ion logam tersebut dengan cara meningkatkan pengikatan ion logam di dinding sel (Yang, 2005). Selain itu juga mengurangi penyerapan dengan memodifikasi ion channel yaitu suatu protein NRAMPS (natural resistance association macrophage protein) sehingga terjadi efflux ion logam keluar sel (Tong *et al.*, 2004), sehingga Pb tidak dapat mengganggu proses penyerapan hara dan pertumbuhan tinggi tanaman tidak terganggu. Penelitian Luluk *et al.* (2012) menyatakan bahwa tanaman sengon baik pada bibitnya memiliki toleran terhadap logam berat Pb dengan mengakumulasi asam organik dan fitokelatin kemudian mensekresikannya. Asam organik dan fitokelatin akan mendetoksifikasi ion logam berat yang masuk ke sitoplasma dengan cara mengkelat atau mengubah ion logam beracun menjadi kurang beracun dengan membentuk kompleks ligan dengan logam (Reicman, 2002).

Hasil lain juga menunjukkan bahwa antara perlakuan kontrol - Pb dan kontrol + Pb tidak berbeda nyata dengan perlakuan dosis mikoriza 25 gram, Begitu pula antara penambahan dosis mikoriza 50 dan 75 gram menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Akan tetapi antara perlakuan kontrol - Pb dengan dosis mikoriza 50 dan 75 gram menunjukkan hasil yang berbeda nyata..

Gambar 4.3 juga menunjukkan bahwa tinggi tanaman pada perlakuan dengan penambahan dosis mikoriza lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol negatif dan kontrol positif, dimana tinggi tanaman yang tertinggi pada pemberian dosis mikoriza 75 gram. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ahmed *et al.* (2000) bahwa dari hasil – hasil penelitiannya pada berbagai jenis

tanaman menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman (akar maupun tajuk).

Data di atas juga menunjukkan bahwa Adanya simbiosis mutualisme antara MVA (mikoriza vesikula arbuskular) dengan perakaran tanaman dapat membantu pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik, terutama pada tanah yang mengandung logam berat. Hal ini disebabkan MVA efektif dalam meningkatkan penyerapan unsur hara makro dan mikro yaitu dengan memproduksi jalinan hifa yang intensif, ukuran hifa yang halus akan memungkinkan hifa bisa menembus pori – pori tanah yang paling kecil (mikro) sehingga bisa menyerap air pada kondisi kadar air yang sangat rendah serta membantu meningkatkan penyerapan unsur hara (Delvian, 2005). Hadi (1994) juga menambahkan bahwa dengan adanya mikoriza dapat menyebabkan permukaan akar menjadi lebih luas, percabangan juga menjadi lebih banyak serta adanya benang – benang hifa meningkatkan kemampuan tanaman menyerap air dan hara dari dalam tanah.

Hifa dari MVA dapat secara kimia merombak dan menyerap P yang terfiksasi dengan bantuan enzim fosfatase yang dihasilkannya (Barea & Aguilar, 1998). Hal ini juga dikemukakan oleh Desi *et al.* (2013) bahwa hifa jamur mikoriza mengeluarkan enzim posfatase sehingga P yang terikat dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman. Unsur P (fosfor) sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan ditemukan dalam setiap sel tanaman hidup sebagai katalis berbagai reaksi biokimia penting dalam tanaman. Hal ini terlibat dalam beberapa fungsi utama tanaman seperti transfer energi, proses fotosintesis dan komponen penting dari DNA dan ATP (Ray, 1999). Selain unsur hara P, hifa eksternal mikoriza juga dapat meningkatkan penyerapan unsur hara lain seperti N, K, Ca dan Mg (Sieverding 1991).

Mikoriza selain dapat meningkatkan penyerapan unsur hara juga mampu menghasilkan hormon yang berfungsi untuk memacu pertumbuhan. Cruz *et al.*, (1992) menjelaskan bahwa jamur mikoriza dapat menghasilkan hormon seperti auksin yang

berperan untuk memacu pemanjangan sel-sel tanaman, karena mikoriza mampu mengkonversi konjugasi ester kembali ke bentuk free IAA dengan memproduksi IAA-amido sintetase dan protein GH3 (Anna, 2013). Terjadinya peningkatan pertumbuhan juga berhubungan erat dengan jumlah akar terinfeksi mikoriza. Peningkatan persentase akar terinfeksi berhubungan dengan peningkatan dosis mikoriza yang diberikan. Clark (1997) menyatakan bahwa peningkatan jumlah inokulum mikoriza yang diberikan pada tanaman dapat meningkatkan jumlah akar terinfeksi. Pemanfaatan mikoriza dengan dosis yang lebih besar menyebabkan akar tanaman terinfeksi lebih awal dan lebih banyak sehingga pertumbuhan tanaman bisa maksimum.

Inokulasi mikoriza pada tanaman yang terpapar logam berat Pb juga mempengaruhi perkembangan panjang akar. Tabel 4.4 dan gambar 4.5 menunjukkan bahwa dengan penambahan mikoriza 25, 50 dan 75 gram, panjang akar mengalami peningkatan dibandingkan dengan kontrol. Hal ini sesuai pernyataan Mayura *et al.* (2011) bahwa panjang akar dengan penambahan mikoriza mengalami peningkatan dibandingkan dengan kontrol setelah 45 hari penanaman. Sedangkan panjang akar pada dosis 25 gram mikoriza lebih tinggi dibandingkan dengan dosis 50 gram mikoriza. Jamur mikoriza arbuskular mengurangi pertumbuhan akar, dimungkinkan karena mereka mengambil sejumlah besar karbon dari tanaman. Karbon dari karbohidrat merupakan bentuk simpanan energi di tanaman. Karbon tersebut digunakan mikoriza untuk mengaktifkan hifa dan spora (Heike *et al.*, 2012) sehingga berkorelasi dengan hasil persentase infeksi sengon setelah 8 minggu penanaman (tabel 4.1) bahwa persentase infeksi mikoriza pada dosis 50 gram lebih tinggi dibandingkan dengan dosis 25 gram mikoriza. Jumlah karbon yang berkurang terutama dalam bentuk karbohidrat dapat mengurangi laju respirasi. Apabila tumbuhan memiliki kandungan substrat (karbohidrat) rendah maka laju respirasinya juga rendah sehingga menghambat pembelahan sel di ujung akar. Hal ini tumbuhan dalam siklus hidupnya membutuhkan energi

untuk berbagai aktivitas. Energi dari tumbuhan didapatkan dari proses respirasi yang terjadi dalam beberapa tahapan, sehingga respirasi pada tumbuhan dapat menunjang pembelahan sel pada jaringan – jaringan meristem. Menurut Delvian (2006) Simbiosis fungi mikoriza terjadi dalam akar tanaman dimana cendawan mengkolonisasi apoplast dan sel korteks untuk memperoleh karbon dari hasil fotosintesis tanaman.

Panjang akar sangat berkorelasi dengan hasil persentase mikoriza pada sengon, semakin tinggi persentase infeksi maka semakin tinggi pula panjang akar. Hal ini karena mikoriza mampu menginduksi hipertrofi akar, sehingga mengakibatkan rangsangan tumbuhnya rambut-rambut akar menjadi lebih cepat . mikoriza juga mensekresikan hormon rizokalin lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak terinfeksi MVA. Hormon rhizokalin berfungsi untuk merangsang pembentukan akar pada tanaman (Aldeman & Morton, 2006)

Selain itu sel akar yang terinfeksi mikoriza ukurannya akan semakin bertambah. Hal ini disebabkan karena hifa ekstraseluler memperluas permukaan penyerapan unsur hara. Suplai unsur hara yang lebih akan meningkatkan aktivitas protoplasma sel sehingga menunjang pertumbuhan sel. Dengan adanya pertumbuhan sel dan pertumbuhan jaringan yang baik pada akar, maka akan meningkatkan panjang akar (Donelly & Fletcher, 1994).

Tabel 4.5 diatas juga menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol positif (0 gram mikoriza + 500 ppm $Pb(NO_3)_2$) memiliki panjang akar yang terendah. Hal ini sesuai penelitian tariq *et al* (2007) dan Srinivasan *et al.* (2014) bahwa panjang akar pada tanaman yang terpapar logam Pb lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. logam Pb akan menghambat pertumbuhan dari akar primer (Obroucheva, 1998) dan perkembangan rambut akar (Sharma & Dubey, 2005) yaitu dengan menghambat pembelahan sel di zona meristematik akar dan pemanjangan sel akar primer (Inonav *et al.*, 1998). Bashmakov (2005) menyatakan logam Pb merupakan inhibitor yang sangat kuat dalam pertumbuhan akar dan sebagian besar Pb terakumulasi di akar. Pb dapat

menghambat pembelahan mitosis pada fase anafase dengan menyebabkan penyimpangan kromosom seperti kromosom lengket (tidak dapat memisah), selain itu Pb memberikan efek racun kolkisin. Kolkisin merupakan alkaloid toksik dan karsinogenik pada tumbuhan yang diekskresikan ketika tanaman terpapar logam berat Pb. Kolkisin dapat menghambat dan menghalangi terbentuknya benang-benang spindel pada proses anafase dan menghambat proses pembelahan sel pada anafase sehingga pertumbuhan akar menjadi terhambat (Ersin *et al.*, 2008).

Konsentrasi mikoriza dengan dosis yang berbeda memperlihatkan tingkat keefektifannya yang optimal dalam hal menyerap unsur hara dan air sehingga berdampak pada berat kering, selain itu peningkatan aktivitas pertumbuhan tinggi dan panjang akar tanaman juga akan meningkatkan berat kering tanaman secara keseluruhan.

Tabel 4.4 dan gambar 4.4 menunjukkan bahwa berat kering tanaman mengalami peningkatan seiring dengan penambahan dosis mikoriza yaitu tertinggi pada pemberian dosis mikoriza 75 gram. Berat kering merupakan salah satu faktor untuk mengetahui tingkat pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta menunjukkan tingkat efisiensi metabolisme dari suatu tanaman. Berat kering total hasil panen tanaman merupakan penimbunan hasil bersih asimilasi CO₂ selama pertumbuhan.

Berat kering juga berbanding lurus dengan pertumbuhan tinggi tanaman pada konsentrasi dosis mikoriza 75 gram serta infeksi mikoriza pada akar tanaman sengon, hal ini karena pada infeksi mikoriza terbentuk jalinan hifa yang berfungsi dalam pengambilan unsur hara dan air yang akan ditransmisikan ke bagian batang dan daun sehingga meningkatkan laju proses fotosintesis. Berat kering tanaman menggambarkan adanya akumulasi penyerapan bahan-bahan organik dan unsur hara yang dihasilkan saat fotosintesis (Desi *et al.*, 2013). Idwar dan Ali (2000) juga menyatakan bahwa inokulasi jamur sangat mempengaruhi berat kering tanaman karena jamur memiliki hifa yang dapat menyerap unsur hara dan air. Hal ini juga sesuai

dengan penelitian Tawaraya *et al.* (1999) dan Mayura *et al.* (2011) bahwa tingginya kolonisasi mikoriza *Glomus fasciculatum* dapat meningkatkan berat kering tanaman.

Penambahan logam Pb juga mempengaruhi berat kering tanaman sengon, Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tanaman sengon dengan perlakuan tanpa mikoriza dengan Pb memiliki berat kering yang paling rendah. Monika *et al.* (2001) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa terjadi penurunan berat kering tanaman yang terpapar Pb sebesar 52% dari perlakuan kontrol. Hal ini karena Pb banyak mempengaruhi aktivitas metabolisme tanaman, diantaranya mengganggu fotosintesis dan penyerapan nutrisi atau unsur hara (Balba *et al.*, 1991). Pb pada proses fotosintesis menghalangi transport elektron di reaksi terang dengan menghambat proses sintesis plastoquinon (PQ) dari plastoquinol (PQH₂), Pb juga menghambat aktivitas enzim ferredoxin NADP⁺ reduktase sehingga menghalangi terbentuknya NADP⁺ menjadi NADPH yang akan diteruskan dalam reaksi gelap. Pb menghambat aktifitas enzim pada siklus Calvin yaitu enzim rubisco sehingga menghalangi fiksasi CO₂ oleh RuBP (ribulosa difosfat karboksilase) sehingga proses fotosintesis menjadi terganggu. Selain itu Pb menghambat sintesis klorofil yang disebabkan menurunnya penyerapan elemen esensial seperti Mg dan Fe oleh tanaman (Tariq, 2015)

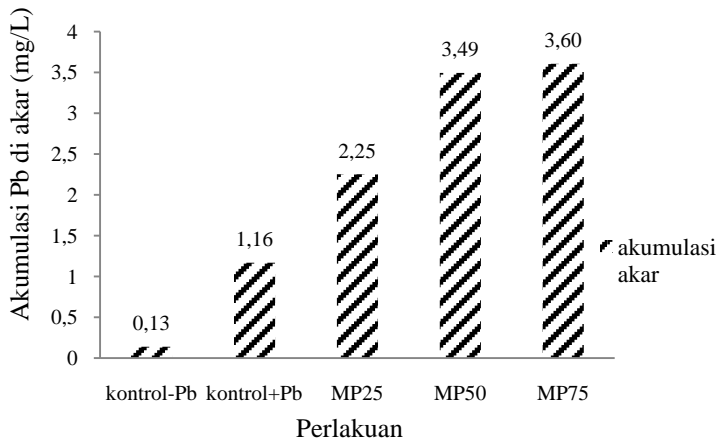
4.4 Pengaruh Pemberian *Glomus* sp. Terhadap Akumulasi Pb pada Akar Tanaman Sengon (*P. falcataria* (L.) Nielsen)

Akumulasi logam Pb pada tanaman sengon dianalisis menggunakan AAS untuk mengetahui kandungan logam Pb pada akar. Berdasarkan uji Anova akumulasi logam Pb di akar menunjukkan hasil yang berpengaruh signifikan dengan nilai p. value 0,000. Nilai p. value <0,05 menunjukkan hipotesa H₀ ditolak, sehingga dilakukan uji lanjut Duncan dengan hasil dapat dilihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.5 Pengaruh pemberian mikoriza *Glomus* sp. terhadap Akumulasi Pb di akar tanaman sengon

Perlakuan	Akumulasi Pb di akar tanaman sengon (mg/kg) \pm SE
0 gram mikoriza - Pb(NO ₃) ₂	0,13 \pm 0,05 a
0 gram mikoriza + Pb(NO ₃) ₂	1,16 \pm 0,35 ab
25 gram mikoriza + Pb(NO ₃) ₂	2,25 \pm 0,37 b
50 gram mikoriza + Pb(NO ₃) ₂	3,49 \pm 0,15 c
75 gram mikoriza + Pb(NO ₃) ₂	3,60 \pm 0,60 c

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan pengaruh berbeda nyata dalam uji lanjut Duncan pada taraf kepercayaan 95% dan \pm SE (standart error), tiap 100 gram mikoriza mengandung 4,562 spora *Glomus* sp.



Gambar 4.6 Histogram rata – rata akumulasi Pb pada akar sengon

Hasil pada tabel 4.5 dan gambar 4.6 diatas menunjukkan bahwa akumulasi Pb di akar dengan penambahan mikoriza berbeda nyata yaitu antara perlakuan kontrol negatif (0 gram mikoriza - 0 ppm Pb(NO₃)₂) dan kontrol positif (0 gram mikoriza + 500 ppm Pb(NO₃)₂) dengan perlakuan penambahan mikoriza dengan dosis 25, 50 dan 75 gram. Akumulasi Pb tertinggi pada perlakuan dosis mikoriza 75 gram dan akumulasi terendah pada perlakuan kontrol negatif (tanpa mikoriza tanpa Pb), sehingga dalam hal ini penyerapan

logam oleh tanaman bermikoriza lebih efektif dibandingkan dengan tanaman yang tidak bermikoriza. Tanaman sengon tanpa diinokulasi mikoriza mampu menyerap logam Pb, Hal ini sesuai dengan penelitian Handayanto *et al.* (2014) bahwa tanaman sengon (*P. falcataria*) mampu menyerap logam berat Pb pada akarnya. Akar tanaman sengon mampu mengakumulasi konsentrasi Pb lebih besar dari pada organ yang lainnya. Hal ini juga didukung oleh pernyataan Srinivasan *et al.* (2014) bahwa akumulasi Pb ditemukan tertinggi di bagian akar tanaman. Tanaman sengon merupakan spesies pioner yang dapat beradaptasi pada kondisi ekstrim dan menjadi potensi sebagai fitoremediasi tanah yang terkontaminasi logam berat.

Data diatas juga menunjukkan bahwa semakin banyak dosis mikoriza yang ditambahkan terdapat peningkatan akumulasi logam Pb pada akar sengon. Hal ini sesuai pernyataan Chen *et al.* (2007) bahwa penyerapan Pb pada akar tanaman bermikoriza lebih tinggi dibandingkan dengan non-mikoriza. Mikoriza diketahui mampu menyerap dan mengakumulasi logam dalam akar tanaman inang. Hifa miselium intra dan ekstraseluler baik MVA maupun berpotensi dalam penyerapan dan akumulasi logam (Joner *et al.*, 2000) melalui luas permukaan penyerapan dan jangkauannya di dalam tanah. Sebagian besar logam terikat pada komponen dinding sel seperti kitin, selulose dan melanin fungi MVA (Galli *et al.*, 1993).

Bai *et al.* (2008) mengemukakan bahwa MVA mempunyai pengaruh terhadap penyerapan logam (akumulasi pada jaringan tanaman) dan pertumbuhan tanaman inang. Sudová & Vosátka (2007) secara khusus mengungkapkan bahwa tanaman jagung yang diinokulasi mikoriza dapat menyerap konsentrasi Pb yang tinggi. Selain tanaman mampu tumbuh dengan baik, juga dapat mengakumulasi logam. Akumulasi Pb di akar terjadi ketika mikoriza yang bersimbiosis dengan akar tanaman mengeluarkan eksudat glikoprotein yaitu protein glomalin untuk mengikat ion logam di tanah, Selain itu tanaman juga mengeluarkan protein pengkelat seperti fitokelatin, asam organik, methallothionin untuk

mengikat ion logam membentuk ikatan kompleks logam dengan pengkelat, selanjutnya ion logam diikat di dinding sel tanaman dan fungus di daerah rhizodermis, akan tetapi dalam tahap ini sebagian besar Pb di transfer dan diakumulasi di bagian hifa mikoriza dan yang lainnya masuk ke dalam sitosol tanaman melalui protein transporter kusus di membran plasma kemudian dikelat oleh agen pengkelat yaitu methallothionin yang dihasilkan tanaman dan fungi, kemudian ion logam ditransfer dan diakumulasi di vakuola tanaman. Pb ketika di serap oleh hifa sebagian besar akan transfer dan di akumulasi ke vesikel dan arbuskular (Vera & Paszkowski, 2006).

Akumulasi logam pada akar antara dosis yang berbeda (25, 50 dan 75 gram) menghasilkan akumulasi Pb yang tidak berbeda nyata, hal ini berkorelasi dengan hasil persentase infeksi pada tanaman sengon yang juga menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Suharno & Sancayaningsih (2013) menyatakan bahwa Peningkatan masuknya Pb ke dalam akar tanaman umumnya diamati melalui kolonisasi mikoriza. Penyerapan Pb diketahui berkorelasi dengan meningkatnya jumlah infeksi MVA pada jenis tanaman yang terkolonisasi mikoriza.

Tabel dan gambar 4.5 juga menunjukkan bahwa akumulasi Pb mulai dari perlakuan kontrol sampai perlakuan penambahan dosis 25, 50, 75 gram mikoriza yaitu antara 0,13 – 3,60 ppm, nilai akumulasi tersebut masih termasuk di bawah ambang batas akumulasi Pb di tanaman. Ambang batas akumulasi Pb di tanaman sebesar 50 ppm. Rendahnya akumulasi Pb sangat berkorelasi dengan pertumbuhan tanaman. Nilai parameter inggi tanaman, panjang akar dan berat kering dengan pemberian Pb (tabel 4.4) menunjukkan angka yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, hal ini menunjukan bahwa Pb dalam jumlah yang kecil yang mempunyai efek toksik dan tidak dibutuhkan dalam metabolisme dan reaksi biokimia tanaman (Nagajyoti *et al.*, 2010).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Pemberian dosis 75 gram mikoriza *Glomus* sp. merupakan dosis yang paling berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman sengon pada parameter tinggi tanaman dengan nilai 77,5 cm, berat kering yaitu 17,86 gram dan panjang akar yaitu 31,5 cm. Penambahan dosis 25, 50, 75 gram pemberian dosis mikoriza *Glomus* sp.
- Penambahan dosis 25, 50, 75 gram *Glomus* sp. juga meningkatkan penyerapan serta akumulasi logam Pb pada akar tanaman sengon dengan nilai masing-masing yaitu 2,25 ppm, 3,49 ppm dan 3,60 ppm
- Tanaman sengon tanpa mikoriza mampu melakukan penyerapan Pb dengan kadar yang rendah dibandingkan dengan tanaman sengon yang berasosiasi dengan mikoriza

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai respon fisiologi dari tanaman sengon yang berasosiasi dengan mikoriza yang mengakumulasi logam Pb. Sehingga diketahui secara khusus mekanisme biologis tanaman sengon dalam menanggapi logam berat Pb.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Adelia. 2004. **Evaluasi Kadar Ambien Logam Berat Nikel (Ni) Dan Timbal (Pb) Dalam Tanah Sebagai Dasar Penyempurnaan Kriteria Baku Mutu Tanah Di Indonesia.** Institut Pertanian Bogor. Available at <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/15487/A04ali.pdf?sequence=1> [Diakses 16 April 2015]

Ahmed, F.A., S.O Yagoub and Elsheikh. 2000. Effects of Mycorrhizal Inoculation and Phosphorus Application on the Nodulation, Mycorrhizal Infection, and Yield Components of *Faba bean* Grown Under Two Different Watering Regimes. **Journal of Agricultural Sciences**. 1: 13-151

Aldeman, J. M., and J. B. Morton. 2006. Infectivity of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi Influence Host Soil Diluent Combination on MPN Estimates and Percentage Colonization. **Soil Biolchen Journal**. 8(1) : 77- 83.

Alloway, BJ. 1990. **Heavy Metal in Soil**. London: Blackie Academic & Professional.

Anna, F. 2015. Review: Regulation of Root Morphogenesis in Arbuscular Mycorrhizae: What Role do Fungal Exudates, Phosphate, Sugars and Hormones Play in Lateral Root Formation?. **Annals of Botany**.1-15

Atmaja, I. W. D. 2001. **Bioteknologi Tanah**. Denpasar: Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Udayana.

Atmosuseno, B.S.1999. **Budi Daya, Kegunaan, Dan Prospek Sengon**. Jakarta : Penebar Swadaya.

Bai, H.J., Zhang, Yang and Li BZ. 2008. Bioremediation of Cadmium by Growing Rhodobacter Sphaeroides: Kinetic

Characteristic and Mechanism Studies. **Biores Technol.** 99: 7716-7722.

Balai Penelitian Tanah. 2009. **Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah.** Bogor : Balai Penelitian Tanah.

Balba, A.M., Shibiny and Khatib. 1991. Effect of Lead Increments on the Yield and Lead Content of Tomato Plants, Water. **Air Soil Pollut.** 57: 93

Barea, J.M. and C.A. Aguilar. 1998. Mycorrhizas and Their Significances in Nodulating Nitrogen-Fixing Plants. **Advances in Agronomy.** 46 : 1-54

Bashmakov, D.I., A.S. Lukatkin, V.V. Revin, P. Duchovskis, A. Brazaityte and K. Baranauskis. 2005. Growth of Maize Seedlings Affected by Different Concentrations of Heavy Metals. **Ekologija.** 3: 22-27.

Brown, K.S. 1995. The Green Clean: The Emerging Field of Phytoremediation Takes Root. **Bioscience.** 9 : 579-582.

Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malajczuk. 1996. **Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture.** ACIAR Monograph.

Chaney, R.L. 1995. Potential use of Metal Hyperaccumulators. **Mining Environ Manag.** 3 : 9-11.

Chen B, Zhu, Duan, Xiao X, and Smith S. 2007. Effects of the Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus mosseae* on Growth and Metal Uptake by Four Plant Species in Copper Mine Tailings. **Environ Pollut.** 147: 374-380

Clark, R.B. 1997. Arbuscular Mycorrhizal Adaptation, Spore Germination, Root Colonization, and Host Plant Growth and Mineral Acquisition at Low pH. **Plant and Soil** 192 : 15 - 22.

Cruz, R.E., Lavilla and Zarate. 1992. Application of mycorrhiza in bare rooting and directseeding, Technologies for reforestation, **Proceeding of Tsukuba-Workshop**. Bio- REFOR.

Cunningham, S.D. and W.R. Berti.1993. Remediation of contaminated soils with green plants: An overview, In Vitro Cell. **Dev. Biol.** 29P: 207-212

Davis, M.A., J.F. Murphy and R.S. Boyd. 2001. Nickel Increases Susceptibility of a Nickel Hyper-accumulator to Turnip Mozaic Virus. **J. Env. Qual.** 30: 85-90.

Delvian. 2005. Pengaruh Cendawan Mikoriza Arbuskula Dan Naungan Terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii* BL.). **Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian Agrisol.** 4 (1)

Desi, L., R. Linda and Mukarlina. 2013. Pertumbuhan Jagung (*Zea mays* L). dengan Pemberian *Glomus aggregatum* dan Biofertilizer pada Tanah Bekas Penambangan Emas. **Jurnal Protobiont.** 2(3) : 176 – 180

Donnelly, P.K. and Fletcher. 1994. Potential Use of Mycorrhizal Fungi as Bioremediation Agents. **American Chemical Society.** USA. 94-97.

Ersin Y., A. Hatdpoglu, E. Sozen and S.Teoman. 2008. The Effects of the Lead (PbCl₂) on Mitotic Cell Division of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra ssp. pallasiana*). **Biological Diversity and Conservation.**124-129

Etim E., E. 2012. Phytoremediation and Its Mechanisms: A Review. **International Journal of Environment and Bioenergy**. 2(3): 120-136

Fardiaz, S. 1992. **Mikrobiologi Pangan**. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. PAU Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor.

Feller, A.K. 2000. Phytoremediation of Soils and Waters Contaminated With Arsenicals from Former Chemical Warfare Installations. *Di dalam*: Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). **Bioremediation of Cotaminated Soils**. New York: Marcek Dekker Inc. 771-786.

Galii U, M. Meier and C. Brunold. 1993. Effect of Cadmium on Nonmycorrhizal and Mycorrhizal Fungus (*Laccasaria laccata* Scop.Ex.Fr): Sulphate Reduction, Thiols and Distribution of the Heavy Metal. **New Phytol**. 125: 837-843.

Hadi, S. 1994. **Biologi dan Bioteknologi Mikoriza**. Bogor : Institut Pertanian Bogor

Hajoeningtijas, O.D. 2009. Ketergantungan Tanaman Terhadap Mikoriza Sebagai Kajian Potensi Pupuk Hayati Mikoriza Pada Budidaya Tanaman Berkelanjutan. **Agritech**, 11(2): 125-136.

Hamzah, F. dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. **Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis**. 2(2): 41-52.

Handayanto A. dan Hairiah. 2007. **Biologi Tanah, landasan Pengelolaan Tanah Sehat**. Yogyakarta : Pustaka Adipura

Handayanto, N. Muddarisna dan B.D, Krisnayanti . 2014. The Potential of Local Trees for Phytostabilization of Heavy Metals in Gold Cyanidation Tailing Contaminated Soils of West Lombok,

Indonesia . **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**. 8(7): 15-21.

Hardiatmi, S.J.M. 2008. Pemanfaatan Jasad Renik Mikoriza untuk Memacu Pertumbuhan Tanaman Hutan. **Jurnal Inovasi Pertanian**. 7(1): 1-10

Hardiani, H., T. Kardiansyah, dan S. Sugesty. 2011. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking. **Jurnal Selulosa**. 1(1): 31– 41.

Haris, T. 2013. Status Cendawan Mikoriza Vesikular-Arbuskular (MVA) pada Tanaman. **Prosiding Pekan Serealia Nasional**. Sulawesi Selatan : Balai Penelitian Tanaman Serealia

Hayati, E. 2010. Pengaruh Pupuk Organik dan Anorganik Terhadap Kandungan Logam Berat dalam Tanah dan Jaringan Tanaman Selada. **J. Floratek** 5 : 113 – 123

Heike, B. E. Liepold and P. Ambilwade. 2012. The Role of the Mycorrhizal Symbiosis in Nutrient Uptake of Plants and the Regulatory Mechanisms Underlying These Transport Processes. **Plant Science**.108-138

Hidayati, N. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator (Phytoremediation and Potency of Hyperaccumulator Plants). **Hayati**, 12(1): 35-40

Idwar dan Ali. 2000. Pengaruh Mikoriza Vesikular Arbuskula terhadap Keefisienan Penggunaan Pupuk oleh Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). **Natur Indonesia**. 2(1) : 68-178

Imas T., R. S. Hadioetomo, A. W. Gunawan, Y. Setiadi. 1989. **Mikrobiologi Tanah 2**. Bogor: Departemen Pendidikan dan

Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas, IPB.

Ivanov, V.B., E.I. Bystrova, N.V. Obroucheva, O.V. Antipova, M. Sobotik and H. Bergmann. 1988. Growth Response of Barley Roots as an Indicator of Pb Toxic Effects. **J. Appl. Bot.**, 72: 140-143.

Islami, T. dan W. H. Utomo. 1995. **Hubungan Tanah, Air, dan Tanaman**. Semarang: IKIP Semarang Press.

Jeanna R.H. 2000. **An Overview of the Phytoremediation of Lead and Mercury**. National Network of Environmental Management Studies (NNEMS) Fellow. Washington, D.C.

Joner, E.J., Briones and C.Leyval. 2000. Metal-Binding Capacity of Arbuscular-Mycorrhizal Mycelium. **Pl Soil**. 226 (2): 227-234.

Joner, E.J. and C. Leyval. 1997. Uptake of ¹⁰⁹Cd by Roots and Hyphae of *Glomus mossae* and *Trifolium sub-terraneum* Mycorhyza from Soil Amended with High and Low Concentration of Cadmium. **New Phy-tol**. 135: 105-113.

Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M. and Kanninen, M. 2011 ***Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen : Ecology, Silviculture and Productivity**. CIFOR, Bogor, Indonesia.

Lasat, M.M. 2002. Phytoextraction of Toxic Metals: a Review of Biological Mechanisms. **J Environ Qual**. 31:109–120

Luis, R.H.E and A.A.G. Garci. 2009. **Heavy Metal Adaptation**. Encyclopedia of Life Sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.

Luluk, S., Y. Setiadi, D. Sopandie, and S.W Budi. 2012. Organic Acid Characteristics and Tolerance of Sengon (*Paraserianthes falcataria* L Nielsen) to Lead. **JMHT** . XVIII (3): 177-183

Manahan, S.E. 1977. **Environmental Chemistry**. Second Ed. Williard Pres. Boston

Margareththa. 2010. Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Batubara Dengan Pupuk Hayati Mikoriza Sebagai Media Tanam Jagung Manis. **Jurnal Hidrolitan**. 1(3)

Mayura, P.D., M.Y Borde and P.K Jite. 2011. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Antioxidant Activity in *Gmelina arborea* Roxb. under Salt Stress Condition. **Notulae Scientia Biologicae**. 3(4):71-78

Miettinen, J. K. 1977. **Inorganic Trace as Water Pollution to Health and Aquatic Biota dalam Water Quality Proceed of an int.** Forum, New York Academic Press.

Monika, K., R. Kapoor and N. Luikham. 2001. Influence of Lead in Soil on Mycorrhizal Development and Plant Growth of *Cyamopsis tetragonoloba* (Linn.) Taub. **Indian Journal of Experimenal Biology**. 39 : 459-463

Muchovej R. M. 2001. **Importance of Mycorrhizae for Agricultural Crops**. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville.

Muzakkir. 2011. Hubungan Antara Cendawan Mikoriza Arbuskula Indigeneous Dan Sifat Kimia Tanah Di Lahan Kritis Tanjung Alai, Sumatera Barat. **Jurnal Solum**. 8(2) : 53-57.

Nagajyoti, K.D. Lee, and T.V.M. Sreekanth. 2010. Heavy Metals, Occurrence and Toxicity for Plants: a Review. **Environ Chem Lett.** 8:199–216

Nurhayati. 2010. Pengaruh Waktu Pemberian Mikoriza Vesikular Arbuskular Pada Pertumbuhan Tomat. **J. Agrivigor**, 9(3): 280–284.

Nurhayati. 2012. Infektivitas Mikoriza pada Berbagai Jenis Tanaman Inang dan Beberapa Jenis Sumber Inokulum (Mycorrhizal Infectiveness in Types of Host Plants and Source of Inoculum). **J. Floratek.** 7: 25 – 31

Nouri J., N. Khorasani, B. Lorestani, M. Karami, A. H. Hassani, and N. Yousefi. 2009. Accumulation of heavy metals in soil and uptake by plant species with phytoremediation potential. **Environ Earth Sci.** 59:315–323

Obroucheva, N.V., V.B. Bystrova, O.V. Ivanov, M.S. Antipova and I.V. Seregin. 1998. Root Growth Responses to Lead in Young Maize Seedlings. **Plant Soil.** 200: 55-61.

Ondrej, Z., Krystofova, Hynek , Sobrova, Sochor, Zehnalek, R. Kizek and V. Adam. 2013. **Metal Transporters in Plants.** Department of Chemistry and Biochemistry, Mendel University in Brno, Zemedelska.

Palar, H. 2004. **Pencemaran dan Toksikologi Logam berat.** Jakarta: PT. Rieneka Cipta.

Pujiyanto. 2001. Pemanfaatan Jasad Mikro, Jamu Mikoriza dan Bakteri dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan di Indonesia: Tinjauan dari Perspektif Falsafah Sains. **Makalah Falsafah Sains.** Bogor: Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.

Purwanta, W. 2005. **Penyisihan Timbal (Pb) dari Tanah Terkontaminasi Dengan Proses Elektromigrasi**. P3TL-BPPT 6 (3): 424-432.

Pusat Penelitian Tanah. 1983. **Kriteria Sifat Kimia Tanah**. Bogor: Departemen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Purwantari. 2007. Reklamasi Area Tailing di Pertambangan dengan Tanaman Pakan Ternak; Mungkinkah?. **Wartazoa**, 17(3).

Ray, T. 1999. **Essential Plant Nutrients**: Their Presence in North Carolina Soils and Role in Plant Nutrition. <<http://www.ncagr.gov/agronomi/pdf/essnutr.pdf>> [Diakses 01 agustus 2015]

Reichman, S.M. 2002. **The Responses of Plants to Metal Toxicity: A review focusing on Copper, Manganese and Zinc**. Melbourne: Australian Minerals & Energy Environment Foundation.

Salt, D.E. 2000. **Phytoextraction: Present Applications and Future Promise**. *Di dalam*: Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). Bioremediation of Contaminated Soils. New York: Marcek Dekker Inc. hlm 729-743.

Salt, D.E., M. Blaylock, P.B.A. Nanda Kumar, V. Dushenkov, B.D. Ensley, I. Chet and I. Raskin. 1995. Phytoremediation: A Novel Strategy for the Removal of Toxic Metals from the Environment using Plants. **Biotechnol.** 13: 468 – 474.

Sastrahidayat, I. R. 2011. **Rekaya Pupuk Hayati Mikoriza dalam Meningkatkan Produksi Pertanian**. Malang: Universitas Brawijaya Press.

Sergio T., Pichardo, Yi Su and F. Han. 2012. The Potential Effects of Arbuscular Mycorrhizae (AM) on the Uptake of Heavy Metals by Plants from Contaminated Soils. **J Bioremediation & Biodegradation**. 3:10

Setiadi, Y. 2001. Peranan mikoriza arbuskula dalam rehabilitasi lahan kritis di Indonesia. **Seminar Penggunaan Cendawan Mikoriza dalam Sistem Pertanian Organik dan Rehabilitasi Lahan Kritis**. Bandung.

Setiadi, Y., I.Mansur, S.W.Budi dan Ahmad. 1992. **Petunjuk Laboratorium Mikrobiologi Tanah Hutan**. Bogor : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB.

Sharma, P. and S.R. Dubey, 2005. Lead Toxicity in Plants. **Plant Physiol**. 17(1): 35-52.

Sieverding, E. 1991. **Vesicular Arbuscular Mychorrhiza Management in Tropical Agrosystem**. Eschbom : Deutsche GHTZ Gmbh

Smith, S.E. and Read. 1997. **Mycorrhizal Symbiosis**. Harcourt Brace And Company Publishers, San Diego: Academic Press.

Sofyan, A., Y. Musa dan Feranita. 2005. Perbanyak Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) pada Berbagai Varietas Jagung (*Zea mays* L) dan Pemanfaatannya pada Dua Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L). **Jurnal Sains dan Teknologi**. 5(1) : 12-20.

Srinivasan, M., S. S. Vikram, P.J.C. Favas and V. Perumal. 2014. Lead Heavy Metal Toxicity Induced Changes on Growth and Antioxidative Enzymes Level in Water Hyacinths [*Eichhornia crassipes* (Mart.)]. **Botanical Studies**. 55:54

Sitompul, S.N. dan B. Guritno. 1995. **Analisis Pertumbuhan Tanaman**. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.

Sudova, R. and Vosatka . 2007. Differences in the Effects of Three Arbuscular Mycorrhizal Fungal on P and Pb Accumulation by Maize Plants. **Plant Soil**. 296: 77-83

Suharno and R.P. Sancayaningsih. 2013. Fungi Mikoriza Arbuskula: Potensi teknologi mikorizoremediasi logam berat dalam rehabilitasi lahan tambang. **Bioteknologi**. 10 (1): 31-42

Sutamihardja. 2006. **Toksikologi Lingkungan**. Buku Ajar Program Studi ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Jakarta.

Steenis, V. 1992. **Flora : Untuk Sekolah di Indonesia**. Diterjemahkan oleh M. Soerjowinoto. Pradnya Paramita. Jakarta.

Syeda, A.B. and D. Ashfaq. 2013. Role of Mycorrhiza to Reduce Heavy Metal Stress. **Natural Science**. 5(12A) : 16-20

Tariq, M., K.R. Islam And S. Muhammad. 2007. Toxic Effects of Heavy Metals on Early Growth and Tolerance of Cereal Crops. **Pakistan Journal of Botany**. 39(2): 451-462

Tariq, A. 2015. a Mini Review on Lead (Pb) Toxicity in Plant. **Journal of Biology and Life Science**. 6 (2)

Tanala A.H. dan Adnan. 2005. Mikoriza dan Manfaatnya Pada Tanaman. **Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PFJ XVJ**. Komd Sul Sel.

Tawaraya, K., T. Imai and T. Wagatsuma. 1999. Importance of Root Length in Mycorrhizal Colonization of Welsh Onion. **J. Plant Nutrition**. 22: 589-596.

Teten. 2001. **Laboratorium Pembangunan dan Lingkungan** (Lablink). Dalam

<<http://www.lablink.or.id/Agro/Sengon/sengon.htm>> [diakses 05 Nopember 2014]

Tong, Y.P., Kneer R. and Zhu Y.G. 2004. Vacuolar Compartmentation : a Second - Generation Approach to Engineering Plants for Phytoremediation. **Trends Plants Science**. 9 : 7-9

Vidali, M. 2001. Bioremediation. An Overview. Pure Appl. **Chem**. 73: 1163 – 1172.

Vita, R. C. 2009. Pengaruh Beberapa Metode Sterilisasi Tanah Terhadap Status Hara, Populasi Mikrobiota, Potensi Infeksi Mikoriza dan Pertumbuhan Tanaman. Sains Tanah – **Jurnal Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi**. 6 (1)

Vera, G., and U. Paszkowski. 2006. Review: Contribution of the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis to Heavy Metal Phytoremediation. **Planta**. 223: 1115–1122

Widyati, E. 2008. Peranan Mikroba Tanah pada Kegiatan Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang (Roles of Soil Microbes in Ex-Mining Land Rehabilitation). **Info Hutan** 5(2) : 151-160

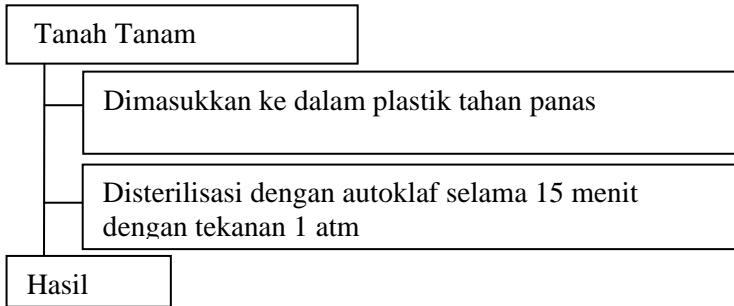
Yang X., Y. Feng, Z. He and P.J. Stoffella. 2005. Molecular Mechanisms of Heavy Metal Hyperaccumulation and Phytoremediation. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**. 18:339-53

Yuni, S.R. and Santosa. 1995. Pembentukan Mikoriza Vesikular-Arbuskular pada *Capsicum annum* L. dan *Solanum Tuberosum* L. yang Ditumbuhkan pada Tanah Asam Ultisol. **Jurnal Biologi**. 1(9) : 371-37

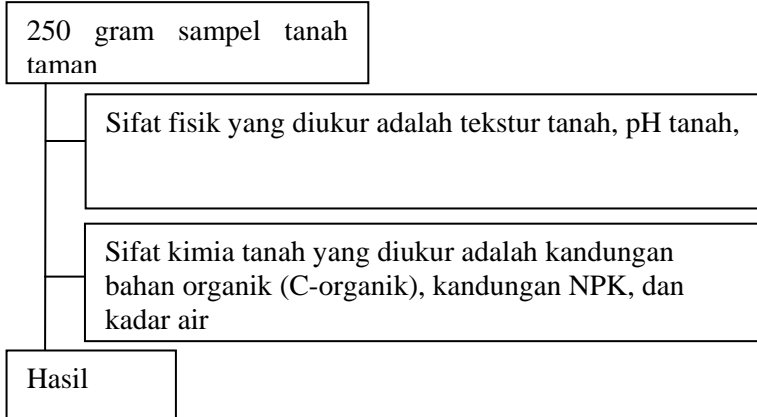
LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema kerja

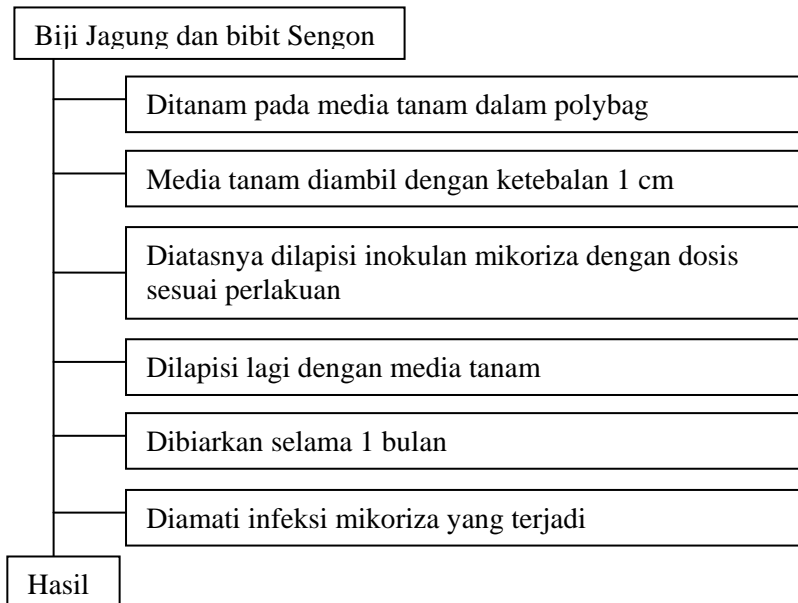
Penyiapan Media Tanam



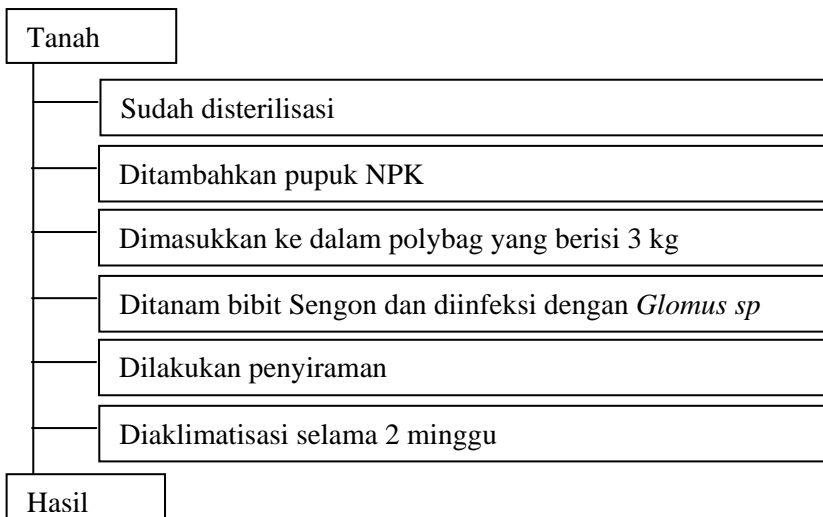
Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah



Uji Viabilitas Mikoriza



Penyiapan Tanaman



Pembuatan Bioreaktor

Media Tanam

Dimasukkan ke dalam polybag

Diaduk sampai rata

Ditambahkan logam berat Pb 200 mg/kg

Ditanam tanaman Euphorbia

Tanaman diberi pupuk NPK sebanyak 3 gram

Ditumbuhkan pada *green house* selama 10 minggu

Hasil

Perhitungan Infeksi Akar In Vitro

Akar

Dipotong sepanjang 1 cm dan dicuci dengan air

Dimasukkan ke tabung fial dan direndam KOH 10%

Di Autoklaf 15 menit suhu 121⁰ C

kemudian KOH dibuang dan diblas dengan air

Ditambahkan 3ml H₂O₂ 3% selama 15 menit

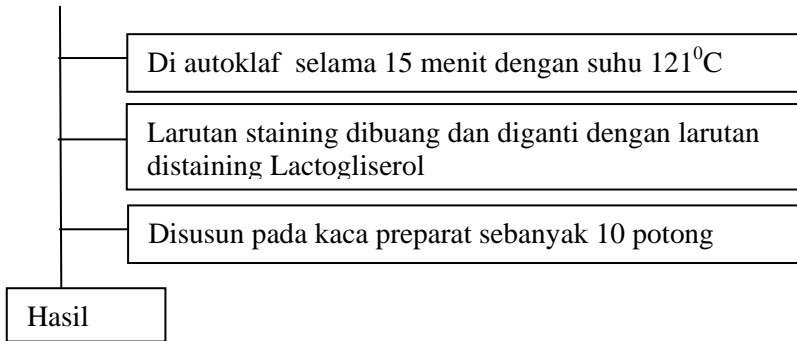
H₂O₂ dibuang dan dibilas dengan air sebanyak 3 kali

Direndam dengan larutan HCl 1% selama 5 menit,

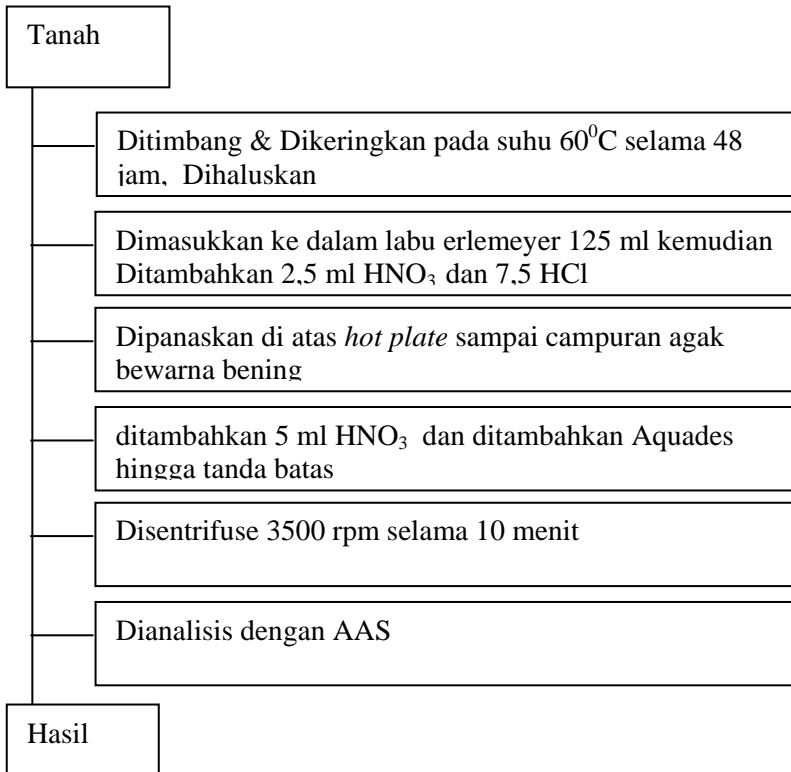
Setelah 5 menit akar tidak dicuci lagi

Diganti dengan larutan staining

Ditambah dengan Trypan blue 0.025 %



Preparasi Sampel Akar



Lampiran 2. Surat hasil analisa tanah



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
 Jalan Veteran Malang 65145

Telp. : 0341 - 551611 psw. 316, 553623, 556290 Fax : 0341 - 564333, 560011 e-mail : soilub@ub.ac.id

Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : Nama, Gelar Jabatan dan Alamat

Nomor : 57 / UN.10.4 / T / PG - KT / 2015

HASIL ANALISIS CONTOH TANAH
 a.n. : Nurul Alfiah
 Alamat : Biologi - ITS
 Lokasi Tanah : Taman Keputih Sukolilo - Surabaya

Terhadap kering oven 105°C

No. Lab	Kode	pH 1:1		C. organik	N. total	C/N	Bahan Organik	P. Olsen	K		Pb	Kadar
		H ₂ O	KCl 1N						NH ₄ OAC 1N pH:7	HCl 0,1N		
TNH 110	ULANGAN 1	7,0	6,3	0,55	0,02	22	0,96	6,60	0,15	t u	%	23
TNH 111	ULANGAN 2	7,1	6,3	0,47	0,02	21	0,80	3,69	0,17	t u	%	24
TNH 112	ULANGAN 3	7,1	6,4	0,47	0,02	23	0,81	2,97	0,14	0,31	%	22

Keterangan
 t u : Tak terukur



Prof. Dr. Ir. Zaenul Kusuma, MS
 NIP. 19540501 198103 1 006




Prof. Dr. Ir. Syekhani, MS
 NIP. 19480723 197802 1 001


Didukung Laboratorium, Analisa lengkap dan khusus untuk kepentingan Mahasiswa, Dosen dan Masyarakat **ELAB, KIMIA TANAH** : Analisa Kimia Tanah / Tanaman, dan Rekomendasi Pemupukan **ELAB, FISIKA TANAH** : Analisa Fisik Tanah, Perancangan Konservasi Tanah dan Air, serta Rekomendasi Irigasi **ELAB, PEDOLOGI DAN SISTEM INFORMASI SUMBERDAYA LAHAN**, Penginderaan Jauh dan Pemetaan : Interpretasi Foto Udara, Pembuatan Peta, Survei Tanah dan Evaluasi Lahan **ELAB, KIMIA TANAH** : Analisa Kimia Tanah, **ELAB, FISIKA TANAH** : Analisa Fisik Tanah, **ELAB, PEDOLOGI** : Analisa Struktur Tanah, **ELAB, BIOLOGI TANAH** : Analisa Kualitas Bahan Organik dan Pengelolaan Kesuburan Tanah Secara Biologi, UPT Kompos.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 3. Surat keterangan mikoriza



KEMENTERIAN PERTANIAN
DIREKTORAT JENDERAL PERKEBUNAN
BALAI BESAR PERBENIHAN DAN PROTEKSI TANAMAN PERKEBUNAN
SURABAYA



KAN
Kantor Nasional
Laboratorium Pengujian
LP - 599 - IDN

Jl. Raya Mojoagung No. 52, Mojoagung - Jombang 61482 Telp/Fax. (0321) 496430, 495842, 495151

Kode Sertifikat : LP.1.3/MKZ.1/9.III/15
Code of Certificate :

**SURAT KETERANGAN MUTU MIKORIZA
HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM**

Nama Produk : Glomofert
Name of product

Jenis : Pupuk Hayati
Specification : Biofertilizer

Jumlah Contoh : 2 kg (media zeolit)
Number of sample


Tanggal Pengujian : 24 September 2014
Date of tested

Hasil Pengujian :
The Result of tested

No.	Jenis Pupuk Hayati	Jumlah Spora/100 g	Metode
1.	Mikoriza (<i>Glomus</i> spp.)	4.562	Penyaringan Bertingkat dan Stereomikroskop


Demikian untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jombang, Pebruari 2015
Laboratorium BBPPTP Surabaya
Deputi Manajer Teknik


 Drs. Bambang Sudito
NIP.19620731 199203 1001

“Halaman ini sengaja dikosongkan”


Lampiran 4. Surat keterangan hasil analisa logam Pb



**Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA**

**BADAN PENGKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, (031) 70000034, Fax. (031) 8410480
<http://surabaya.bpkimi.kemendiperin.go.id/>



KAN
Komite Akreditasi Nasional
LABORATORIUM PENGUJIAN
LP-313-IDN


LAPORAN PENGUJIAN
No. 2035/LHU/2/VI/2015

No. Analisa : P. 2782 s/d P. 2801
Contoh : Ekstrak Akar Sengon
Kode : -
Diterima Tanggal : 04 Juni 2015
Catatan Sampel : 100 ml ekstrak cair dalam wadah botol

Nama Pengirim : NURUL ALFIYAH
Alamat : Kepala Oq. IIC SURABAYA
JAWA TIMUR

No	No Analisa	Kode	Parameter Pb (mg/L)	Metode Uji
1	P.2782	Kontrol - Pb.1	0.339	SNI 6989.8 : 2009
2	P.2783	Kontrol - Pb.2	0.204	SNI 6989.8 : 2009
3	P.2784	Kontrol - Pb.3	0.183	SNI 6989.8 : 2009
4	P.2785	Kontrol - Pb.4	0.210	SNI 6989.8 : 2009
5	P.2786	Kontrol + Pb.1	0.785	SNI 6989.8 : 2009
6	P.2787	Kontrol + Pb.2	0.833	SNI 6989.8 : 2009
7	P.2788	Kontrol + Pb.3	3.356	SNI 6989.8 : 2009
8	P.2789	Kontrol + Pb.4	1.888	SNI 6989.8 : 2009
9	P.2790	MP 25.1	0.616	SNI 6989.8 : 2009
10	P.2791	MP 25.2	1.664	SNI 6989.8 : 2009
11	P.2792	MP 25.3	2.943	SNI 6989.8 : 2009
12	P.2793	MP 25.4	2.152	SNI 6989.8 : 2009
13	P.2794	MP 50.1	1.874	SNI 6989.8 : 2009
14	P.2795	MP 50.2	3.707	SNI 6989.8 : 2009
15	P.2796	MP 50.3	3.200	SNI 6989.8 : 2009
16	P.2797	MP 50.4	3.572	SNI 6989.8 : 2009
17	P.2798	MP 75.1	2.977	SNI 6989.8 : 2009
18	P.2799	MP 75.2	4.809	SNI 6989.8 : 2009
19	P.2800	MP 75.3	3.031	SNI 6989.8 : 2009
20	P.2801	MP 75.4	2.226	SNI 6989.8 : 2009

Catatan: Parameter uji sesuai dengan permintaan



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

lampiran 5. Hasil analisa uji statistik anova dan uji duncan

```
oneway tinggi.tanaman by perlakuan
/statistics descriptives homogeneity
/missing analysis
/posthoc=duncan(alpha(0.05)).
oneway
```

Descriptives

Tinggi tanaman

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
kontrol-Pb	4	46,5000	7,32575	3,66288	34,8431	58,1569	40,00	57,00
kontrol + Pb	4	52,3750	5,17003	2,58501	44,1483	60,6017	46,00	57,50
MP25	4	56,2500	3,20156	1,60078	51,1556	61,3444	51,50	58,50
MP50	4	61,7500	2,36291	1,18145	57,9901	65,5099	60,00	65,00
MP75	4	77,5000	10,00833	5,00416	61,5745	93,4255	65,00	88,00
Total	20	58,8750	12,18052	2,72365	53,1743	64,5757	40,00	88,00

Test of Homogeneity of Variances

Tinggi tanaman

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,544	4	15	,083

ANOVA

Tinggi tanaman

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2229,750	4	557,438	14,192	,000
Within Groups	589,188	15	39,279		
Total	2818,938	19			

Post Hoc Tests Homogeneous Subsets

Tinggi tanaman

Duncan^a

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
kontrol-Pb	4	46,5000		
kontrol + Pb	4	52,3750	52,3750	
MP25	4	56,2500	56,2500	
MP50	4		61,7500	
MP75	4			77,5000
Sig.		,053	,062	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

ONEWAY akumulasi Pb di akar BY perlakuan
 /STATISTICS DESCRIPTIVES HOMOGENEITY
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=DUNCAN ALPHA(0.05).

Oneway

Descriptives

akumulasi Pb di akar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
kontrol-Pb	3	,1390	,10050	,05803	-,1107	,3887	,02	,21
kontrol+Pb	3	1,1687	,62342	,35993	-,3800	2,7173	,79	1,89
MP25	3	2,2530	,64545	,37265	,6496	3,8564	1,66	2,94
MP50	3	3,4930	,26257	,15159	2,8407	4,1453	3,20	3,71
MP75	3	3,6057	1,04247	,60187	1,0160	6,1953	2,98	4,81
Total	15	2,1319	1,48223	,38271	1,3110	2,9527	,02	4,81

Test of Homogeneity of Variances

akumulasi Pb di akar

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4,302	4	10	,028

ANOVA

akumulasi Pb di akar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26,816	4	6,704	17,006	,000
Within Groups	3,942	10	,394		
Total	30,758	14			

Post Hoc Tests Homogeneous Subsets

akumulasi Pb di akar

Duncan^a

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
kontrol-Pb	3	,1390		
kontrol+Pb	3	1,1687	1,1687	
MP25	3		2,2530	
MP50	3			3,4930
MP75	3			3,6057
Sig.		,072	,061	,830

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Nganjuk, 02 Mei 1993 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, pasangan Ahmad Yasin dan Ambarwati. Pada tahun 2011 penulis lulus dari Madrasah Aliyah Negeri Nglawak Kertosono Nganjuk dan pada tahun yang sama penulis lolos dalam seleksi masuk Perguruan Tinggi Negeri melalui jalur SNMPTN Tulis di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan jurusan Biologi.

Selama kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember penulis pernah bergabung dalam berbagai kegiatan kepanitiaan baik dalam lingkup jurusan, fakultas maupun institut seperti panitia Open Talk KP/TA tingkat jurusan sebagai kooordinator sie Konsumsi, INTERN FMIPA ITS tingkat fakultas sebagai sie Acara dan INTERVAL ITS tingkat institut sebagai sie Pembinaan (OC). Selain itu dalam organisasi, penulis pernah bergabung dalam Departemen Ekonomi dan Sosial Masyarakat Tingkat fakultas (BEM Fakultas) sebagai Sekretaris departemen dan Forum Kajian Islam Al-Qurani (FKIQ tingkat jurusan) sebagai Anggota di Departemen Hubungan Luar serta. Riwayat pelatihan yang pernah diikuti meliputi *Emotion Spiritual Quotion*, *Achievement Motivation Training*, Pra LKMM-TD, *Islamic Motivation Training*.

Sebagai salah satu syarat untuk menempuh jenjang S1, penulis melakukan penelitian dengan judul “Peningkatan Efektivitas Penyerapan Pb pada Perakaran Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) Terinfeksi Mikoriza” di bawah bimbingan Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech.